



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia de la disposición de disipadores de fluido viscoso en el  
nivel de desempeño sísmico de un edificio regular de 15 niveles,  
Lima – 2019**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Cieza Ochoa, Yhonatan (ORCID: 0000-0002-9229-7344)

**ASESOR:**

Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raul Antonio (ORCID: 0000-0002-9573-0182)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

La concepción de este proyecto de investigación está dedicada primeramente a Dios, porque él es nuestra guía, nuestra luz y nuestra esperanza; también a mis queridos padres: Demetrio Cieza C. y Gloria Ochoa R. y hermanos Linder C. O. y Ercy C. O. quienes siempre me transmiten un buen ánimo de confianza, seguridad y determinación en los momentos difíciles.

## **Agradecimiento**

Agradezco infinitamente a todas las personas que me brindaron su apoyo, compañeros de clase amigos y familiares. Y de manera muy especial al Mg. Ing. Raúl Antonio Pinto Barrantes, al Mg. Ing. Osmar Demetrio Tello Malpartida, al Mg. Ing. Marco Antonio Zeña Armas, al Mg. Ing. Luis Reynaldo Alarco Gutierrez, al Mg. Ing. Carlos Danilo Minaya Rosario y a la Dra. Nerida Gladis Rey de Velazques, por su constante apoyo que me brindaron.

Muchas Gracias.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	viii
ABREVIATURAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	15
II. MARCO TEÓRICO.....	21
III. MÉTODOLÓGÍA.....	55
3.1 Tipo y diseño de Investigación.....	56
3.2 Variables y Operacionalización.....	57
3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo y unidad de análisis .	58
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez, Confiabilidad..	59
3.5 Método de análisis de datos. ....	61
3.6 Aspectos éticos .....	61
IV. RESULTADOS .....	62
V. DISCUSION.....	142
VI. CONCLUSIONES .....	155
VII. RECOMENDACIONES .....	158
REFERENCIAS .....	161
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de Lamda .....	43
Tabla 2: Sistemas estructurales de concreto armado, N° Pisos y Codificación ....	44
Tabla 3: Valores de la Distorsión objetivo .....	45
Tabla 4: Niveles de Performance y estados de daño (V-2000 SEAOC-95).....	49
Tabla 5: Niveles de amenaza sísmica .....	51
Tabla 6: Operatividad estructural bajo el nivel de sismo de diseño .....	52
Tabla 7: Cargas de diseño .....	68
Tabla 8: Periodos y frecuencias de vibración .....	73
Tabla 9: Parámetros.....	75
Tabla 10: Cálculo de cortantes de entrepiso estática en la dirección <b>X</b> .....	76
Tabla 11: Calculo de cortantes de entrepiso en la dirección <b>Y</b> .....	77
Tabla 12: Cortantes basales calculados.....	79
Tabla 13: Fuerzas sísmica por piso en X – Y calculadas por SAP2000 .....	79
Tabla 14: Espectro de Pseudo Aceleraciones según X – Y E.030 2018.....	81
Tabla 15: Fuerzas cortantes dinámicas en la base .....	82
Tabla 16: Cortantes de base .....	82
Tabla 17: Cálculo de derivas inelásticas – A. Dinámico X .....	86
Tabla 18: Cálculo de derivas inelásticas – A. Estático X .....	86
Tabla 19: Comparación de derivas en X A. S. Estático y A. S. Dinámico .....	87
Tabla 20: Cálculo de derivas inelásticas – A. Dinámico Y .....	88
Tabla 21: Cálculo de derivas inelásticas – A. Estático Y .....	88
Tabla 22: Comparación de derivas en Y A. S. Estático y A. S. Dinámico .....	89
Tabla 23: $\omega$ : Frecuencia circular de vibración de la Tabla 08 .....	91
Tabla 24 Suma de desplazamiento absoluto en X – Y .....	91
Tabla 25: Sumatoria de Masa por desplazamiento relativo por piso en X -Y.....	92
Tabla 26: Resumen de constantes de amortiguamiento de los disipadores .....	93
Tabla 27: Derivas inelásticas en X – estructura con disipadores en disposición diagonal .....	99
Tabla 28: Derivas inelásticas en <b>Y</b> – estructura con disipadores en disposición diagonal .....	99
Tabla 29: Comparación de derivas en X – Y con disipadores en disposición diagonal .....	100

Tabla 30: Derivas inelásticas en <b>X</b> – estructura con disipadores en disposición chevron diagonal.....	104
Tabla 31: Derivas inelásticas en <b>Y</b> – estructura con disipadores en disposición chevron diagonal.....	104
Tabla 32: Comparación de derivas en <b>X</b> – <b>Y</b> con disipadores en disposición chevron diagonal.....	105
Tabla 33: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>X</b> .....	106
Tabla 34: Comparación de derivas entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>X</b> .....	108
Tabla 35: Reducción en porcentaje de las derivas en <b>X</b> de la estructura con disipadores disposición diagonal vs chevron diagonal .....	109
Tabla 36: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>Y</b> .....	110
Tabla 37: Comparación de derivas entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>Y</b> .....	112
Tabla 38: Reducción en porcentaje de las derivas en <b>Y</b> de la estructura con disipadores disposición diagonal vs chevron diagonal .....	113
Tabla 39: Comparación de las fuerzas en la dirección <b>X</b> de la estructura patrón con la estructura con disipadores.....	115
Tabla 40: Promedio total de reducción fuerza cortante en el eje <b>B<sub>x</sub></b> en disposición diagonal .....	117
Tabla 41: Promedio total de reducción fuerza cortante en el eje <b>B<sub>x</sub></b> en disposición chevron diagonal.....	118
Tabla 42: Comparación de las fuerzas en la dirección <b>Y</b> de la estructura patrón con la estructura con disipadores.....	119
Tabla 43: Promedio total de reducción fuerza cortante en el eje <b>2<sub>Y</sub></b> en disposición diagonal .....	121
Tabla 44: Promedio total de reducción fuerza cortante en el eje <b>2<sub>Y</sub></b> en disposición	

chevron diagonal.....	122
Tabla 45: Comparación de los momentos flectores en la dirección <b>X</b> de la estructura patrón con la estructura con disipadores .....	123
Tabla 46: Promedio total de reducción momento flector en el eje <b>B<sub>x</sub></b> en disposición diagonal .....	125
Tabla 47: Promedio total de reducción momento flector en el eje <b>B<sub>x</sub></b> en disposición chevron diagonal.....	126
Tabla 48: Comparación de los momentos flectores en la dirección <b>Y</b> de la estructura patrón con la estructura con disipadores .....	127
Tabla 49: Promedio total de reducción momento flector en el eje <b>2<sub>y</sub></b> en disposición diagonal .....	129
Tabla 50: Promedio total de reducción momento flector en el eje <b>2<sub>y</sub></b> en disposición chevron diagonal.....	130
Tabla 51: Periodos de vibración – modelo patrón Vs modelo disp. diagonal y chevron diagonal.....	131

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Ring of fire – Ocean Pacific – Fuente: SEISMICKNOWLEDGE.....	16
Figura 2: Zonificación sísmica – Fuente: NTP E.030.....	33
Figura 3: Seismic safe System.....	35
Figura 4: Cuadro conceptual de Disipación de Energía.....	36
Figura 5: Partes de un disipador de fluido viscoso .....	36
Figura 6: Modelo de 1GDL.....	39
Figura 7: Relación V vs F del Disipador – Fuente: propia.....	40
Figura 8: Disposición Diagonal – Fuente: CDV Divises .....	47
Figura 9: Disposición Chevron – Fuente: CDV Divises.....	47
Figura 10: Grafica de Fuerza Vs Desplazamiento en Dispositivos Viscoelásticos	48
Figura 11: Matriz de desempeño.....	52
Figura 12: Rango de desplazamientos ligado a los niveles de Desempeño .....	53
Figura 13: Sectorización de la curva de Capacidad .....	53
Figura 14: Idealización Análisis Pushover – Curva de Capacidad .....	54
Figura 15: Performance Point – Fuente: M. Iqbal Suharwardy – Computers & structures .....	54
Figura 16: Ubicación – Fuente: Google maps .....	63
Figura 17: Distribución en planta de la cimentación .....	64
Figura 18: Distribución del aligerado de del sótano y el 01° nivel.....	64
Figura 19: Distribución del aligerado de del 02° nivel al 05° nivel.....	65
Figura 20: Distribución del aligerado de del 06° nivel al 10° nivel.....	65
Figura 21: Distribución del aligerado de del 10° nivel al 15° nivel.....	66
Figura 22: Modelo de la estructura. Fuente propia .....	69
Figura 23: Zonas sísmicas. Fuente: NTP E.030 – 2018 .....	71
Figura 24: Cortantes de entrepiso y fuerza sísmica en <b>X</b> . .....	77
Figura 25: Cortantes de entrepiso y fuerza sísmica en <b>Y</b> . .....	78
Figura 26: Espectro de Pseudo aceleraciones X - Y .....	81
Figura 27: Desplazamiento de techo en mm de la estructura patrón en X por Sismo estático.....	83
Figura 28: Desplazamiento de techo en mm de la estructura patrón en Y por Sismo estático.....	83



Figura 29: Desplazamiento de techo en mm de la estructura patrón en X por Sismo dinámico.....	84
Figura 30: Desplazamiento de techo en mm de la estructura patrón en Y por Sismo dinámico.....	84
Figura 31: Desplazamientos en X del A. Dinámico y A. Estático .....	85
Figura 32: Desplazamientos en Y del A. Dinámico y A. Estático .....	85
Figura 33: Derivas máximas X modelo patrón.....	87
Figura 34: Derivas máximas Y modelo patrón.....	89
Figura 35: Esquemas de disposición de disipadores de fluido viscoso.....	93
Figura 36: Ubicación en planta de los disipadores .....	95
Figura 37: Propiedades del disipador en disposición diagonal en X.....	95
Figura 38: Propiedades del disipador en disposición diagonal en Y .....	95
Figura 39: Disposición Diagonal en X .....	96
Figura 40: Disposición Diagonal en Y .....	96
Figura 41: Desplazamiento en el techo en mm de la estructura con disipadores en disposición diagonal en X por Sismo estático.....	97
Figura 42: Desplazamiento de techo en mm de la estructura con disipadores en disposición diagonal en Y por Sismo estático.....	97
Figura 43: Desplazamientos en mm de la estructura con disipadores en disposición diagonal en X por Sismo estático.....	98
Figura 44: Derivas máximas en X – Y → Estructura con disipadores en disposición diagonal .....	100
Figura 45: Propiedades del disipador en disposición chevron diagonal en X .....	101
Figura 46: Propiedades del disipador en disposición chevron diagonal en Y .....	101
Figura 47: Disposición Chevron Diagonal en X .....	101
Figura 48: Disposición Chevron Diagonal en X .....	102
Figura 49: Desplazamiento en el techo en mm de la estructura con disipadores en disposición chevron diagonal en X por Sismo estático Propiedades .....	102
Figura 50: Desplazamiento de techo en mm de la estructura con disipadores en disposición chevron diagonal en Y por Sismo estático .....	102
Figura 51: Desplazamientos en mm de la estructura con disipadores en disposición chevron diagonal en X por Sismo estático .....	103
Figura 52: Derivas máximas en X – Y → Estructura con disipadores en disposición	

Chevron diagonal.....	105
Figura 53: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>X</b> .....	107
Figura 54: Comparación de derivas entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>X</b> .....	108
Figura 55: Comparación de derivas entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>X</b> .....	109
Figura 56: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>Y</b> .....	111
Figura 57: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>Y</b> .....	112
Figura 58: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección <b>Y</b> .....	113
Figura 59: Comparación fuerza cortante columna EJE B – 1 .....	116
Figura 60: Comparación fuerza cortante columna EJE B – 3 .....	116
Figura 61: Comparación fuerza cortante columna EJE B – 5 .....	117
Figura 62: Comparación fuerza cortante columna EJE 2 – A .....	120
Figura 63: <i>Comparación fuerza cortante columna EJE 2 – B</i> .....	120
Figura 64: Comparación fuerza cortante columna EJE 2 – C .....	121
Figura 65: Comparación Momento Flector columna EJE B – 1 .....	124
Figura 66: Comparación Momento Flector columna EJE B – 3 .....	124
Figura 67: Comparación Momento Flector columna EJE B – 3 .....	125
Figura 68: Comparación momento flector columna EJE 2 – A .....	128
Figura 69: Comparación momento flector columna EJE 2 – B .....	128
Figura 70: Comparación momento flector columna EJE 2 – C .....	129
Figura 71: Variación de periodos.....	131
Figura 72: Niveles de Desempeño sísmico según el color de la rótula plástica en	

sap2000 .....	132
Figura 73: Rotulas plásticas en el paso 01 del AENL – E. Patrón .....	133
Figura 74: Rotulas plásticas en el paso 23 del AENL – E. Patrón .....	134
Figura 75: Rotulas plásticas en el paso 01 del AENL – E. Disp. Diagonal.....	135
Figura 76: Rotulas plásticas en el paso 23 del AENL – E. Disp. Diagonal.....	136
Figura 77: Rotulas plásticas en el paso 01 del AENL – E. Disp. Chevron Diagonal .....	137
Figura 78: Rotulas plásticas en el paso 23 del AENL – E. Disp. Chevron Diagonal .....	138
Figura 79: Curva de capacidad y punto de desempeño Estructura patrón .....	139
Figura 80: Curva de capacidad y punto de desempeño Estructura con disipadores en disp. Diagonal .....	140
Figura 81: Curva de capacidad y punto de desempeño Estructura con disipadores en disp. Diagonal .....	141

## ABREVIATURAS

SEAOC	: The Structural Engineers Association of California Asociación de Ingenieros Estructurales de California
ATC	: Applied Technology Council Consejo de Tecnología Aplicada
FEMA	: The Federal Emergency Management Agency Agencia Federal de Gestión de Emergencias
ASCE	: The American Society of Civil Engineers Sociedad Americana de Ingenieros Civiles
SEO	: Structural Engineering Institute Instituto de Ingenieros Estructurales
NTP	: Norma Técnica peruana

## RESUMEN

Los fenómenos sísmicos traen consigo muchos daños e innumerables pérdidas, tanto económicas como humanas. Lo cual, es imprescindible diseñar estructuras que sean capaces de soportar las solicitaciones liberadas en un fenómeno sísmico, de tal manera que se tenga una buena performance estructural. Por ello los diseños convencionales requieren elementos estructurales cuyas secciones afectan considerablemente la arquitectura.

Consecuentemente, muchos estudios en distintos países del planeta, han dado fruto proponiendo así métodos de diseño tales que mejoren la capacidad estructural de las edificaciones, y provean protección a sus ocupantes, uno de ellos es la incorporación de dispositivos que absorben la energía sísmica.

Por ello, en esta investigación, se realizó un estudio comparativo enfocado en el nivel de desempeño sísmico entre un edificio multifamiliar de 15 niveles con un sistema estructural dual, y la misma edificación, incorporando disipadores de fluido viscoso en dos disposiciones diferentes: Disposición diagonal y chevron diagonal. Para el desarrollo del proyecto, se fijó como objetivo general “Determinar la influencia de la disposición de los disipadores de fluido viscoso en el nivel de desempeño sísmico de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019”.

Los resultados obtenidos fueron muy favorables en el análisis de las estructuras con disipadores sísmicos, reduciendo así los desplazamientos laterales como también las fuerzas cortantes y los momentos flectores de los elementos verticales, consecuentemente favoreciendo el desempeño de la estructura. Por tanto, se llegó a la conclusión de que la incorporación y acoplamiento de los disipadores de fluido viscoso, ayudan en gran manera en la absorción de energía y solicitaciones que son liberadas en los sismos, consecuentemente, el nivel de desempeño sísmico del edificio mejoró significativamente

**Palabras Clave:** Desempeño, disipador, energía, sismo

## ABSTRACT

Seismic phenomena bring with them many damages and innumerable losses, both economic and human. Which, it is essential to design structures that are capable of withstanding the stresses released in a seismic phenomenon, in such a way as to have a good structural performance. For this reason, conventional designs require structural elements whose sections considerably affect the architecture.

Consequently, many studies in different countries of the planet have borne fruit, thus proposing design methods such as to improve the structural capacity of buildings and provide protection to their occupants, one of them is the incorporation of devices that absorb seismic energy.

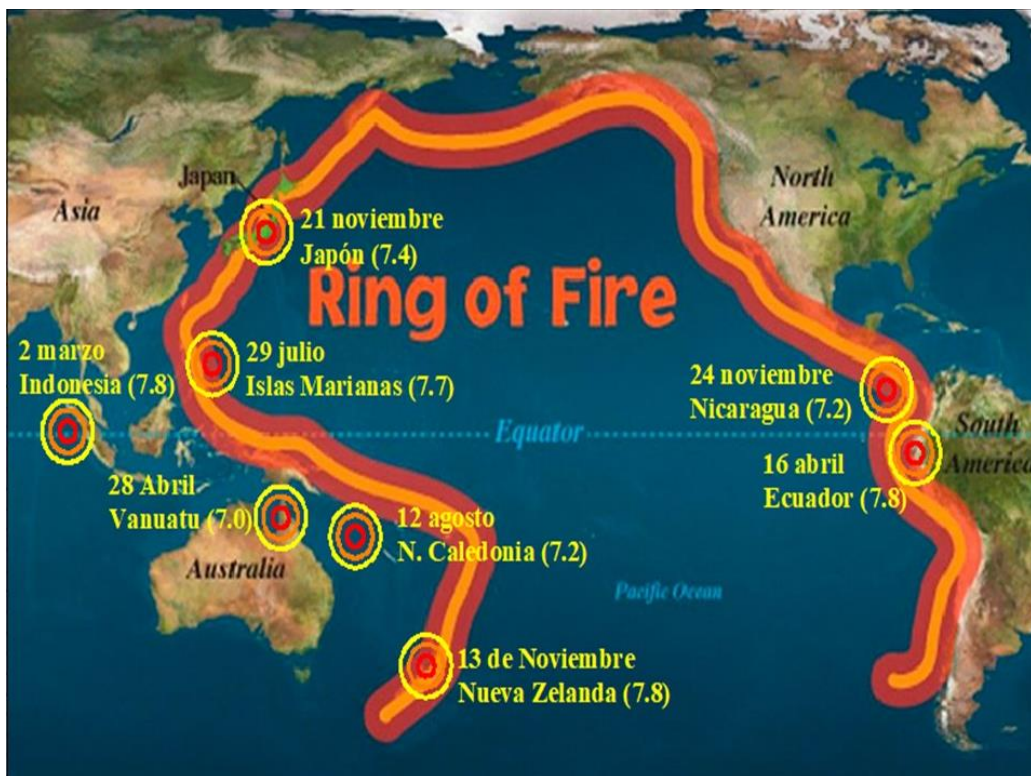
Therefore, in this research, a comparative study focused on the level of seismic performance was carried out between a 15-level multi-family building with a dual structural system, and the same building, incorporating viscous fluid dissipators in two different arrangements: Diagonal arrangement and diagonal chevron. For the development of the project, the general objective was set "To determine the influence of the arrangement of viscous fluid dissipators on the seismic performance level of a regular 15-level building, Lima - 2019".

The results obtained were very favorable in the analysis of the structures with seismic dissipators, thus reducing lateral displacements as well as the shear forces and bending moments of the vertical elements, consequently favoring the performance of the structure. Therefore, it was concluded that the incorporation and coupling of viscous fluid dissipators, greatly help in the absorption of energy and stresses that are released in earthquakes, consequently, the level of seismic performance of the building improved significantly.

**Keywords:** Performance, damper, energy, earthquake.

## **I. INTRODUCCIÓN**

**Realidad problemática.** Las consecuencias de los fenómenos sísmicos sobre las edificaciones independientemente del país donde ocurran estos fenómenos, han sido investigados continuamente a causa de las pérdidas económicas y sobre todo de vidas humanas a nivel mundial, esto ocurre siempre en zonas colindantes a las placas tectónicas alrededor del mundo. Debido a ello, se han planteado numerosos métodos, técnicas y códigos los cuales ejercen una mayor rigurosidad en el diseño de las edificaciones, tanto de pequeña como gran envergadura. Nuestro país, en comparación con los demás países del mundo, se encuentra ubicado en una zona con una muy elevada actividad sísmica, denominada Cinturón de Fuego del Pacífico (Ver: *Figura 01*. Efecto del proceso de subducción de la placa de Nazca, con la Placa Sudamericana).



*Figura 1:* Ring of fire – Ocean Pacific – Fuente: SEISMICKNOWLEDGE

Según el Instituto Geofísico del Perú, data que en el transcurso del año 2019 se registraron más de 434 sismos, la mayoría de estas no fueron sentidas por la población, pero no se aminora el efecto que se produce cuando ocurre un sismo de una elevada magnitud liberando grandes cantidades de energía. Considerando la gran cantidad de población peruana que viven en zonas sísmicas muy vulnerables,



por ende, existe una probabilidad de riesgo inminente ante los grandes daños y devastadores desastres que podría ocasionar un terremoto en las viviendas y edificios de gran altura.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE – NTP – E.030, el distrito de Lima se encuentra en la zona 4, zona de alta actividad sísmica. Pero, a causa de la informalidad gran parte de las edificaciones llegan a presentar fallas en su estructura las cuales incrementan la vulnerabilidad tanto de las viviendas como los grandes edificios de usos variados. Es por ello que nuestro código E-030 es riguroso en su explícito mensaje de que toda edificación debe ser diseñada única y exclusivamente para que tenga un desempeño de por lo menos la seguridad de Vida que corresponde a un  $T_r = 475$  años.

Pero, qué pasará con el riesgo que conlleva la construcción de edificaciones de gran altura, tomando en consideración la localización geográfica del distrito de Lima el cual se sitúa en una de las zonas con gran actividad sísmica, sabiendo además que nuestro país espera una sacudida con una magnitud superior a 8 grados.

Por ello, una opción no muy antigua en nuestro país son la implementación de Disipadores Sísmicos de Fluido Viscoso (DSFV), los cuales presentan una de las pocas alternativas de solución para mejorar, reforzar o corregir edificaciones que previas a una evaluación tengan la necesidad de ser reforzadas de manera que se puedan prevenir riesgos a sus ocupantes, por otro lado, también en edificaciones que se encuentren en etapas de proyecto (análisis y diseño), en las cuales no se tenga un comportamiento dinámico adecuado ante las acciones sísmicas. Algunos países tales como Japón, Rusia, EE. UU, entre otros vienen implementando y desarrollando desde ya hace ya algunas décadas los llamados Sistemas de Protección Sísmica, que de hecho los americanos desarrollaron algunos códigos, los mismos que en esta investigación se tocarán con más detalle en la parte teórica, además, en nuestro continente sudamericano, en los países como Colombia, México y Chile, también se vienen promoviendo la implementación y desarrollo de estas tecnologías. En nuestro país, se han llegado a utilizar estos Sistemas de Disipación de Energía en escasos proyectos, uno de los que se tiene conocimiento

y que se puede mencionar es la Torre de control del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez – Lima (2006) con disipadores fluido viscoso TAYLOR

Es evidente que muchas de las edificaciones en la ciudad de Lima tendrían una alta vulnerabilidad a los daños que podrían ocasionar la ocurrencia de un evento sísmico, sobre todo en aquellas edificaciones que presenten problemas de configuración, con la consecuente pérdida económica y lo que es más duro aun, la pérdida de vidas humanas.

Por ello, es preciso y muy necesario diseñar y construir edificaciones cuyo nivel de desempeño sísmico sea lo suficientemente bueno como para resistir las sollicitaciones que se liberan ante la ocurrencia de ese fenómeno, de tal manera que se pueda proteger la vida de las personas, utilizando elementos que sumen a la estabilidad y resistencia estructural, como son los Disipadores de Energía Sísmica.

Ante esta situación problemática se expone como **problema general de investigación**: ¿Cómo influye la disposición de disipadores de fluido viscoso en el nivel de desempeño sísmico un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019?

**Problemas específicos**: ¿Cómo influyen los parámetros inherentes de los Disipadores de Fluido Viscoso en la respuesta estructural de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019?

¿Cuáles serán los momentos, fuerzas, desplazamientos y derivas que resulten al efectuar el análisis de desempeño sísmicos de un Edificio regular de 15 niveles con disipadores de fluido viscoso, Lima – 2019?

¿De qué manera las diferentes disposiciones de los Disipadores de Fluido Viscoso mejoran la respuesta estructural de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019?

Este estudio se **justifica** por lo siguiente:

**Teórica**: Esta investigación proporciona un énfasis aplicativo de las teorías e investigaciones científicas del análisis, diseño e incorporación de disipadores de fluido viscoso como un sistema de protección sísmica, muchas de las cuales se basan en textos de normas y códigos americanos (USA), las mismas que serán analizadas y estudiadas minuciosamente, esto debido a la escasa información

existente sobre el uso de disipadores de energía sísmica y sus efectos en las estructuras en el Perú, por esta razón, gran parte de la información que se proporcionará en la presente tesis, servirá de guía para futuras investigaciones que enmarquen su contexto.

**Metodológica:** A lo largo del tiempo, a causa de las inclemencias y catástrofes que ocasionan los movimientos telúricos, el hombre se ha visto en la necesidad de buscar métodos y técnicas, tales que, provean protección de la vida y continuidad de los servicios básicos en las edificaciones. Consecuentemente, se dio inicio a la creación de normas y códigos, los cuales, al ser aplicados proporcionen un mejor desempeño estructural, de tal manera que, las estructuras diseñadas a partir de ese entonces, cumplan con los requisitos mínimos, de la filosofía de diseño sismorresistente. Esta investigación, enmarca su desarrollo tomando como base la metodología de diseño por desempeño incorporando dispositivos de disipación de energía sísmica.

**Práctica:** El desarrollo de este proyecto de investigación permitirá comprender, que las distintas disposiciones de los disipadores de fluido viscoso influyen en la mejora del desempeño sísmico de un edificio regular de 15 niveles en Lima, es decir que, los desplazamientos, derivas y esfuerzos serán mucho más conservadores que con el sistema estructural convencional.

**Relevancia:** Cuando una estructura experimenta deformaciones grandes, que exceden el límite plástico, existe una probabilidad muy alta de falla del casco estructural, por lo que, en algunos casos la reparación no es posible, y cuando lo es, el costo de reparación de todos esos daños, suele ser muy alto. Por ello, al incorporar sistemas de protección sísmica, la mejora será notoria, en la conservación de daños materiales, así que, de manera significativa, se tendrá un ahorro en gastos de reparación y rehabilitación de su estructura y equipamiento.

**Contribución:** Al incorporar disipadores de fluido viscoso en el edificio multifamiliar de 15 niveles de lima, independientemente del tipo de disposición elegida, de alguna u otra manera se logrará mejorar la capacidad resistente y por lo tanto la

estructura tendrá un mejor nivel de desempeño sísmico, con ello, se tendrá una notoria mejora en las condiciones de seguridad y calidad de vida de sus ocupantes, por lo tanto, se estará contribuyendo con una sociedad más satisfecha respecto a sus necesidades.

Consecuentemente se plantea el siguiente **objetivo general**: Analizar la influencia de la disposición de los disipadores de fluido viscoso en el nivel de desempeño sísmico de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019.

**Objetivos Específicos**: Evaluar la influencia de los parámetros inherentes de los disipadores de fluido viscoso en la respuesta estructural de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019.

Determinar los momentos, fuerzas, desplazamientos y derivas que resulten al efectuar el análisis de desempeño sísmicos de un Edificio regular de 15 niveles con disipadores de fluido viscoso, Lima – 2019.

Demostrar que las diferentes disposiciones de los disipadores de fluido viscoso modifican la respuesta de la estructura de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019.

Finalmente se presenta la **hipótesis general de esta investigación**: Las diferentes disposiciones de los disipadores de fluido viscoso influyen significativamente en la mejora del desempeño sísmico de un Edificio regular de 15 niveles, Lima 2019.

**Hipótesis específica**: Los parámetros inherentes de los disipadores de fluido viscoso delimitan las características de la respuesta estructural de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019.

El análisis de desempeño sísmicos de un Edificio regular de 15 niveles con disipadores de fluido viscoso, genera magnitudes tales que favorecen al desempeño sísmico de la estructura, en Lima – 2019.

El empleo de disipadores de fluido viscoso en diferentes disposiciones, alteran la respuesta de la estructura de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Esta investigación está respaldada por los siguientes **antecedentes nacionales**.

ALVAREZ, (2017), en su **Tesis** para optar el Título de Ingeniero Civil, titulada **“Análisis y Diseño de Disipadores Sísmicos de Fluido Viscoso para Control de la Respuesta Sísmica de Edificaciones en Huancayo 2017”**, de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Fijó como **objetivo principal** el de Analizar la influencia de la incorporación de los Disipadores Sísmicos de Fluido Viscoso en el Control de la Respuesta Sísmica de Edificaciones en Huancayo 2017. Empleando la **metodología** aplicada de tipo Descriptivo, puesto que la obtención teórica se realiza a partir de documentos y textos que luego son aplicados con el uso de programas computacionales. Su población fue 10 edificios en la ciudad de Huancayo y su muestra fue solo 3 edificación. Después de la investigación que realizaron pudieron **concluir**, que la incorporación de disipadores de fluido viscoso influye en la reducción de derivas y el control de la respuesta sísmica de las edificaciones, pues en todos los modelos analizados, las distorsiones excesivas de entrepiso se lograron reducir considerablemente hasta ponerlas por debajo de la máxima permisible especificada en la norma que es de 0.007 para concreto armado y 0.005 para albañilería, por otro lado, los esfuerzos cortantes y momentos flectores de vigas y columnas en su gran mayoría que se ven disminuidas gracias a la incorporación de estos dispositivos. Y finalmente el autor **recomienda**, evaluar los criterios de disposición Diagonal, Chevron Diagonal y Chevron Horizontal, el autor considera que este parámetro no es absoluto y depende en gran manera del grado de satisfacción del cliente.

CALCINA, (2017), en su Tesis presentada como requisito para optar el grado académico de: Maestro en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras, titulada **“Evaluación del Desempeño Sísmico de un Edificio de Once Pisos Utilizando Análisis Estático y Dinámico No-Lineal”**, de la Universidad Privada de Tacna – Perú, Fijó como **objetivo principal** evaluar el desempeño Sísmico de un Edificio de 11 pisos utilizando un análisis estático y un análisis dinámico no-lineal. Empleando la **metodología** aplicada de tipo Descriptivo, por el hecho utilizar el software ETABS 2016 como instrumento de recolección de datos, inicialmente el autor efectuó un análisis estático posteriormente hizo un análisis dinámico de no

lineal. Obtuvo los siguientes **resultados**: con los análisis efectuados, se observó claramente la formación de las rotulas plásticas en todos los elementos estructurales, consecuente mente se identificó las secuencias en que los elementos llegan a la falla. Después de la investigación que realizó el autor pudo **concluir**, el punto de desempeño y la curva de capacidad fueron imprescindibles para comprender la mecánica de falla y las rótulas plásticas, que, para asegurar una falla dúctil de una estructura, estas deberían comenzar a mostrarse y visualizarse en los extremos de columnas y vigas.

ATAU & VALDIVIA, (2018), en su Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, titulada “**Análisis sísmico comparativo entre modelos tipo corte de marcos planos de varios grados de libertad en suelos S0, S1, S2 y S3 con y sin disipadores de energía visco-elásticos**”, de la Universidad Privada De Tacna – Perú, Fijaron como **objetivo principal** el de Realizar un análisis sísmico comparativo entre modelos tipo corte de marcos planos de varios grados de libertad en suelos tipo S0, S1, S2 y S3 con y sin disipadores de energía visco-elásticos. Empleando la **metodología** de tipo Descriptivo y diseño Documental, puesto que la obtención teórica se realiza a partir de documentos y textos. Su población y muestra fue un total de 24 modelos numéricos, modelos de 2,3 y 4 GDL en suelos de tipo S0, S1, S2 y S3, Obtuvieron los siguientes **resultados**: en los pórticos de 2GL con tipo de suelo S0 se obtuvo un valor de deriva igual a 0.0059, luego en el análisis con el software Etabs, el amortiguamiento viscoso (añadido) es de 0.651% por tanto, el pórtico analizado no requiere ningún sistema de disipación de energía, por el mismo hecho de llegar a la deriva objetivo de 0.0058. Después de la investigación que realizaron pudieron **concluir**, del análisis sísmico realizado a modelos con y sin disipadores visco-elásticos se pudo comprobar una reducción notoria de derivas y desplazamientos dichos resultados se muestran en la tabla 5.1.

CHACÓN & RAMÍREZ, (2014), en su Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, titulada “**Análisis de una Edificación de 4 Pisos con Disipadores de Fluido Viscoso**”, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Fijó como **objetivo principal** realizar el análisis estructural de una edificación con un sistema de disipación de energía; específicamente con disipadores de fluido viscoso.

Empleando la **metodología** aplicada de tipo Descriptivo, puesto se aplica bases teóricas y documentos como también el uso de programas computacionales. Obtuvo los siguientes **resultados**: al analizar la estructura, se pudo reducir los desplazamientos hasta en 52.67% haciendo uso de disipadores lineales y 59.73% haciendo uso de disipadores no lineales. Después de la investigación que realizó pudo **concluir**, que la incorporación de disipadores de fluido viscoso de tipo lineal desarrollan una fuerza axial mayor en comparación de los disipadores no lineales, por otro lado la diferencia absoluta entre los disipadores de tipo lineal y no lineal es la característica de su curva histerética, ya que la geometría de la curva histerética de los disipadores lineales es casi elíptica, mientras que los disipadores no lineales tiende a ser rectangular, esto significa que la fuerza desarrollada se disminuye pero su capacidad de deformación se aumenta.

DIAZ LA ROSA, (2014), en su Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, titulada ***“Evaluación del Proyecto Estructural y Optimización del Diseño con Disipadores de Energía Viscosos Taylor para una Edificación Esencial de 6 Pisos”***, de la Universidad Privada Antenor Orrego – Perú, Fijó como **objetivo principal** Evaluar el diseño estructural inicialmente planteado para una clínica, analizando los principales parámetros tales como derivas de entrepiso, excentricidad torsional, fuerzas y momentos flectores en los elementos de corte y optimizar el diseño reestructurando el modelo y a través de la incorporación de disipadores de energía viscosos Taylor. Empleando la **metodología** aplicada de tipo Descriptivo, puesto se aplica bases teóricas, documentos normativos, como también el uso de programas computacionales. Obtuvo los siguientes **resultados**: Al implementar Disipadores sísmicos a la estructura, se ha podido observar una importante reducción de los desplazamientos máximos presentados en el sexto nivel en un 41.81%. también se redujo las derivas de entrepiso desde un 38.57% hasta un 51.10%. Después de la investigación que realizó pudo **concluir**, que el primer modo de vibración (modo fundamental) de la edificación no varía, por otro lado, la reducción de derivas de entrepiso y desplazamientos fue notorio lo cual redujo satisfactoriamente los esfuerzos de los elementos estructurales de la edificación.



NAVARRO, (2017), en su Tesis presentada como requisito para optar el Título de Ingeniero Civil, titulada “**Comparación de las Respuestas Dinámicas en Estructuras con y sin Disipadores de Energía Pasivos de Fluido Viscoso en la Zona Sísmica Cuatro**”, de la Universidad Nacional de Piura – Perú, Fijó como **objetivo principal** realizar la Comparación de las Respuestas Dinámicas en la Estructura de la “Clínica Santa Isabel” con y sin Disipadores de Energía Pasivos de Fluido Viscoso en la zona Sísmica cuatro. Empleando la **metodología** aplicada de tipo Descriptivo, en base a normas y parámetros normativos, como también la aplicación de programas computacionales. Obtuvo los siguientes **resultados**: En el análisis con los dispositivos en el eje X se tuvieron derivas mucho menores al valor máximo que estipula la normativa para sistemas de albañilería que es de 5.0 ‰ mientras que, en la otra dirección, la deriva sobrepasa los límites. Después de la investigación que realizó pudo **concluir**, el autor observó reducciones significativas en los esfuerzos de la estructura, principalmente en las placas y columnas, llegando así en un 47% a 50 % en las placas y en un 43% en las columnas.

CARRANZA & CALDERON, (2017), en su Tesis presentada como requisito para optar el Título de Ingeniero Civil, titulada “**Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo**”, de la Universidad Privada Antenor Orrego – Perú, Fijó como **objetivo general** es Evaluar las mejoras que obtiene una estructura aporticada con la adición de disipadores de energía. Empleando la **metodología** aplicada de tipo Descriptivo; es decir, analizando y describiendo metódicamente las variaciones de las premisas. Obtuvo los siguientes **resultados**: el autor observó que, al adicionar disipadores de fluido viscoso en la estructura, se redujo significativamente la deriva máxima de la estructura cuyo valor máximo fue de 4.55‰. Después de la investigación que realizó pudo **concluir**, el autor asegura que, en un sistema estructural tradicional, el riesgo de colapso es bastante alto por el mismo hecho que la energía sísmica recae directamente sobre la estructura, por otro lado, las estructuras al ser reforzadas con sistemas de disipación de energía sísmica, como son los disipadores sísmicos, estos dispositivos absorben la energía hasta en un 88.78%, lo cual genera una mejor performance.

TAIPE, (2003), en su Tesis presentada como requisito para optar el grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería Estructural, titulada “***Criterios de Diseño por Desempeño para la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E.030***”, de la Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, Fijó como **objetivo general** describir y evaluar los Criterios de Diseño por Desempeño para la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente, pues el autor considera que, el motivo fundamental de la implementación de normas técnicas, independientemente de la región del planeta, es contribuir de manera muy efectiva a la reducción de riesgo sísmico. Empleando la **metodología** aplicada de tipo Descriptivo analítico; es decir, analizando y describiendo sistemáticamente lo que existe con respecto a las variaciones de las premisas y textos documentados. Obtuvo los siguientes **resultados**: El autor observó que los resultados obtenidos en el análisis lineal-elástico para Sismo de Diseño de niveles: Frecuente y Ocasional; tienen una alta diferencia. Él observó que la mayor diferencia se da en los resultados obtenidos por los procedimientos dinámicos (modal espectral y time-history). El procedimiento estático discrepa del análisis espectral en 70% aproximadamente y; 48% con el procedimiento lineal dinámico (time-history). Después de la investigación que realizó pudo **concluir**, el autor asegura que en la mayoría de códigos la filosofía de diseño sismorresistente es interpretada mediante El Diseño por Desempeño; por ello, el autor presenta y plantea los siguientes Niveles de Desempeño: Habitabilidad Inmediata, Reparabilidad y Prevención del Colapso; Sismo de Diseño: Frecuente, Ocasional, Raro y Muy Raro, además de ello el autor **recomienda** que los criterios aplicados se deben complementar con trabajos analíticos y experimentales, los cuales deben estar enfocados fundamentalmente en la discusión de los resultados entre procedimientos y metodologías por ejemplo, el análisis estático y dinámico; dicha discrepancia, puede ser apreciada mediante comparaciones de forma de histéresis, factor de amortiguamiento, entre otros aspectos que influyen en el tamaño o valor de los resultados.

Esta investigación está respaldada por los siguientes **antecedentes internacionales**. MONSALVE, (2005), en su Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Magister Scientiae en Ingeniería Estructural, titulada “***Análisis y Diseño Sísmico por Desempeño de Edificios de Muros***”

**Estructurales”**, de la Universidad Nacional de los Andes, Estableció como **objetivo general** el de desarrollar un procedimiento simplificado de análisis y diseño sísmico por desempeño de edificios construidos con muros estructurales, basándose en el método de análisis estático no lineal paso a paso, evaluando el comportamiento sísmico de la estructura en tres dimensiones (3D), empujando a la estructura del edificio en dos direcciones ortogonales simultáneamente. Empleando la **metodología** aplicada de tipo Descriptivo, porque se encarga de analizar tesis, artículos, libros, y códigos normativos, además, se ha enfocado en la observación de resultados obtenidos en la herramienta computacional ADSEME, cuya **población** fue edificios de muros estructurales. Así mismo obtuvo los siguientes **resultados**: el autor observó que el centro de masas del diafragma rígido tuvo tres desplazamientos y en cuanto al muro genérico observó cuatro desplazamientos en cada nivel de la estructura, en los casos de, corte-flexión y flexión pura. Después de la investigación que realizó llegó a la **conclusión**, que logró desarrollar el análisis estático no lineal mediante el instrumento ADSEME, lo cual evaluó el comportamiento sísmico del nivel de desempeño en edificios construidos con muros estructurales. Y últimamente el autor **recomienda**, la ejecución de pórticos dúctiles junto con los muros estructurales formando un sistema dual, de tal manera garantizar la resistencia a fuerzas laterales y minimizar los daños causados en la estructura. Así mismo **recomienda**, diseñar o proponer nuevos métodos de conexiones entre la estructura y el amortiguador, teniendo en cuenta los efectos de las fuerzas que los amortiguadores transmiten al edificio.

RICO, (2017), en su Tesis presentada como requisito para optar el grado académico de: Maestro en Ingeniería, titulada “**Diseño Sísmico de Edificios de Concreto Basado en Desplazamientos con el Uso de Amortiguadores**”, de la Universidad Nacional Autónoma de México, estableció como **objetivo fundamental** el de revisar los conceptos de disipación de energía y aplicarlos al diseño sísmico de edificios basado en desplazamientos para lograr el cumplimiento de dos niveles de desempeño. Además de proponer un procedimiento simplificado para el diseño de edificios de concreto con el uso de amortiguadores. Haciendo uso de la **metodología**, aplicada de tipo Descriptivo, porque se basa en el análisis de trabajos de otros autores, su población fue edificios de concreto con

amortiguadores viscosos en la ciudad de México y su muestra fueron solo 3 edificios de 10, 15, 18 y 20 niveles respectivamente. Por ende, se obtuvo los siguientes **resultados**: comparación del estado de servicio en el desplazamiento y distorsión que fue calculado mediante las propiedades de los amortiguadores cuya finalidad fue observar la variación de la demanda de desplazamiento que se presenta ante diferentes valores de ( $\alpha$ ). Cuyos resultados se obtuvieron del análisis de iteración. Después de realizar la investigación el autor **concluyó**, que modificando las características de las estructuras principales de los edificios y cambiando los parámetros de diseño de los amortiguadores, el sistema de MGD, no depende exclusivamente del amortiguamiento, sino del coeficiente de no linealidad ( $\alpha$ ).

SEGOVIA, (2015), en su Tesis presentada como requisito para optar el grado académico de: Maestro en Ingeniería, titulada, "***Criterio de Diseño Sísmico Óptimo por Desplazamiento para Edificios con Disipadores Histeréticos***", de la Universidad Nacional Autónoma de México, preciso como **objetivo principal**, de desarrollar un criterio de diseño sísmico óptimo por desplazamiento para edificios de marcos resistentes de acero de mediana altura con disipadores histeréticos del tipo contraviento de pandeo restringido (CVPR) como elementos fusibles. El método está destinado a ser utilizado en edificios regulares de mediana altura (8 a 12 niveles), que deben cumplir con las condiciones geométricas para ser representados con un modelo de cortante, en donde el comportamiento global a flexión no es dominante. Se definen como parámetros de diseño principal: la distribución de rigideces y la distribución de resistencia entre ambos sistemas estructurales. Empleando la **metodología** aplicada de tipo Analítica, porque evalúa a la estructura su procedimiento y su comportamiento dinámico del modelo mediante el análisis lineal y no lineal. Obtuvo los siguientes **resultados**: que el intervalo óptimo que se da en la relación de rigideces  $\alpha$  es entre 0.25 a 0.30, Es decir que los CVPR aportan de un 70 - 75% de rigidez al conjunto estructural combinado. Finalmente **concluyó**, que el criterio propuesto lo fijo en 8 modelos estructurales donde muestra que los análisis obtenidos como el elástico estático con rigidez secante proporcionan una mejor evaluación del comportamiento no lineal de la estructura durante ocurrencias sísmicas.

MOTA, (2017), en su Tesis presentada como requisito para optar el grado académico de: Doctor en Ingeniería, titulada, “**Reacondicionamiento Sísmico de Edificios de Hormigón Armado con el Primer Piso Blando Mediante Disipadores de Energía: Aplicación a la Republica Dominicana**”, de la Universidad Politécnica Madrid (UPM) – España, Estableció como **objetivo principal**, Proponer un método para dimensionar los disipadores, además los refuerzos necesarios en la estructura principal, basado en la aproximación energética de Housner – Akiyama. La **metodología** que se aplicó para realizar esta investigación es de tipo numérico, la cual se resume en lo siguiente: primeramente, el autor realiza simulaciones y modelos numéricos que consisten en cálculos dinámicos en régimen no lineal analizando modelos representativos de estructuras existentes con y sin disipadores, luego, Mota desarrolla y formula ecuaciones en base a modelos estructurales muy simplificados y finalmente, se encarga de estudiar el balance energético de Housner – Akiyama. Luego, el autor obtuvo los siguientes **resultados**: la solución propuesta muestra que protección satisfactoria de la estructura, además de ello, previene el daño frente a terremotos muy severos, tales como  $T_r$  de 2475 años (*correspondientes a un nivel de riesgo de del 98% en 50 años*), tanto en el primer piso como en los niveles superiores. Después de realizar la investigación **concluyó**, que los tres prototipos de estructuras estudiadas en las cuales se llevó a cabo el análisis no lineal, mostraron que, en las estructuras reacondicionadas con la solución presentada, tuvieron un nivel de desempeño óptimo y satisfactorio, debido a que dicho sistema energético empleado, protege a la estructura existente de los daños que pueden ocasionar los terremotos severos. Adicionalmente el autor logró demostrar que el dimensionamiento de los dispositivos fue conservador lo cual según su punto de vista está bien porque está del lado de la seguridad. Finalmente, el autor considera **recomendar** lo siguiente: es fundamental que una vez dimensionada la solución de refuerzo en la planta baja, se compruebe la resistencia de las plantas superiores debido a que al dimensionar la planta baja con el sistema de disipación de energía sísmica que son los disipadores se podría incrementar considerablemente su rigidez y resistencia y consecuentemente se podría presentar el problema de piso blando o débil a las plantas superiores.

SÁNCHEZ, (2010), en su Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias en Ingeniería y Administración de la Construcción, titulada, “***Diseño sísmico basado en desempeño para una edificación esencial de concreto reforzado***”, del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey – México. Fijó como **objetivo principal**, Evaluar el comportamiento sísmico de una edificación categoría A “esencial” aplicando los criterios del diseño sísmico basado en desempeño, Adicionalmente efectuar la creación de modelos comparativos mediante la simulación en el software de análisis y diseño estructural SAP2000 V.14. La **metodología** desarrollada es descriptiva. Los **resultados** obtenidos en el análisis PUSHOVER muestran el desplazamiento generado por la carga lateral triangular en el techo, dando como resultado el desplazamiento máximo previo al colapso de 62.7cm. Después de realizar la investigación **concluyó**, que el análisis no lineal llevado a cabo en la estructura modelada permite visualizar de manera clara todos los esfuerzos que ese producen en la edificación y el progreso de los daños que se generan hasta el momento en que inicia el colapso de la estructura, por otro lado, también se puede apreciar con mucha claridad el comportamiento de cada elemento estructural en el rango inelástico.

SAAVEDRA & FERNÁNDEZ, (2019), en su artículo titulado, “***Seismic Response of a Five Story Building with Isolation System and Supplemental Viscous Dampers for Peruvian Seismicity***”. Los proyectos con aislamiento sísmico están aumentando en Perú, incluso el Estándar Sísmico Peruano establece que los aisladores sísmicos deben usarse en hospitales ubicados en las zonas sísmicas 4 y 3 del mapa sísmico peruano. En esta investigación, se evaluó un modelo matemático de un edificio de 5 pisos con aisladores elastoméricos, ubicado en la zona sísmica 4 y tipo de suelo S3. Este modelo se analizó luego con amortiguadores viscosos suplementarios, considerando 5 condiciones diferentes de relación de amortiguamiento crítico: 15%, 30%, 45%, 60% y 75%. Para todos los análisis, se utilizaron 7 registros de historia de tiempo compatibles con la sismicidad peruana. Las reducciones de desplazamiento de la base aislada se obtuvieron hasta el 30% de su valor inicial. La variación de las respuestas

(aceleraciones, derivas, fuerzas de corte y energía disipada) se analizó en función del aumento de la amortiguación. Se verificó que la combinación de aisladores y amortiguadores de sismicidad peruana tiende a aumentar las respuestas de la superestructura.

PIMIENTO, SALAS & RUIZ, (2014). “***Seismic performance of frames with passive energy dissipation steel slit plates***” en este artículo se presentan la evaluación de dos tipos de dispositivos de disipación de energía pasiva histórica (placas de acero). Luego, el desempeño sísmico de los tres modelos estructurales se estudió con ensayos en una mesa vibradora: uno pórtico sin la implementación del dispositivo y dos porticos con dos tipos de placas de acero. Los modelos fueron equipados con acelerómetros, medidores de tensión y LVDT, y fueron sometidos a dos tipos de señales de terremotos: un terremoto regional y un movimiento de tierra en el campo cercano. Los **resultados** que el autor obtuvo después de haber realizado los ensayos de laboratorio fueron que el pórtico con placas de acero tiene hasta un 90% menos de deriva sísmica que el marco sin rehabilitación. Esto se logró gracias a la disipación de la energía que estos dispositivos proporcionaron a los pórticos analizados en el ensayo.

PIMIENTO, SALAS & RUIZ, (2014). “***Seismic energy dissipation study of linear fluid viscous dampers in steel structure design***” Se buscan sistemas de disipación de energía en estructuras de ingeniería civil cuando se trata de eliminar energía no deseada, como terremotos y viento. Entre estos sistemas, hay una combinación de marcos de acero estructural con disipación de energía pasiva proporcionada por amortiguadores viscosos fluidos (FVD). Este dispositivo se usa cada vez más para proporcionar una mejor protección sísmica para edificios y puentes existentes y nuevos. Se realiza una investigación numérica en 3D considerando la respuesta sísmica de un marco de momento de construcción de acero de doce pisos con FVD diagonal que tiene un comportamiento de fuerza lineal versus velocidad. El historial de tiempo no lineal, que se calcula mediante el análisis no lineal rápido (FNA), del terremoto de Boumerdes (Argelia, mayo de 2003) se considera para el análisis y se lleva a cabo utilizando el software SAP2000 y las comparaciones entre estructuras no reforzadas, arriostradas y amortiguadas se

muestran en un formato tabulado y gráfico. Los resultados de los diversos sistemas se estudian para comparar la respuesta estructural con y sin este dispositivo de la disipación de energía así obtenida. Las conclusiones mostraron el potencial formidable del FVD para mejorar las capacidades disipativas de la estructura sin aumentar su rigidez. Contribuye significativamente a reducir la cantidad de acero necesaria para su estabilidad general.

**Teorías relacionadas al tema.** Las teorías que respaldan esta investigación, se presentan de acuerdo a la importancia temática de las variables de investigación, es decir, de acuerdo a la influencia de la variable independiente (*Disipadores de Fluido Viscoso*) sobre la dependiente (*Nivel de Desempeño Sísmico*) así que, para conocer el Nivel de Desempeño sísmico, independientemente del tipo o sistema estructural, es preciso antes, conocer los conceptos y secuencias teóricas que enmarcan su contexto.

**Perú una Zona Altamente Sísmica.** El Continente sur de América tiene como característica principal en su franja que limita con el Pacífico una de las más altas zonas sísmicas, la cual ha llamado la atención de muchos investigadores amantes de la Ingeniería Sísmica y de la Sismología alrededor del mundo.

Nuestro Perú al encontrarse geográficamente en esta zona conocida como el Cinturón de Fuego, debido al proceso de subducción de la placa Oceánica con la placa Continental. Por esta razón, la actividad sísmica a lo largo de estas zonas, es muy alta. A lo largo del tiempo, en el Perú se ha experimentado distintos eventos telúricos, muchos de los cuales marcaron una alerta de temor, por ello, la preocupación de distintos grupos de Ingenieros civiles era la prevención.

Muchos de los sismos ocurridos, causaban terribles pérdidas, los cuales propiciaron, por medio de la investigación al estudio, de los comportamientos por medio de modelaciones numéricas e idealizaciones visuales. Consecuentemente se dio origen a la creación de códigos y normas de diseño, de manera que las estructuras diseñadas a partir de ese entonces cumplan con los requisitos mínimos de la filosofía de diseño Sismoresistente. En el Perú la norma que rige estos



parámetros se encuentra estipulada en el Reglamento Nacional de Edificaciones: NTP E.030.

La ciudad de Lima, se encuentra según la microzonificación de la norma E.030, en la zona 4 (Ver: *Figura 02*), lo que quiere decir que es una zona altamente sísmica o de gran actividad sísmica.



FIGURA N° 1

*Figura 2: Zonificación sísmica – Fuente: NTP E.030*

**Diseño Sismoresistente.** Primero es necesario entender, ¿qué es un sismo?, Al respecto, Zelaya, 2011 “el sismo es el movimiento o vibración del suelo causado por la repentina liberación de la energía liberada en el roce de dos placas tectónicas” p.9.

Matemáticamente hablando, una fuerza sísmica  $f(t)$  es una fuerza que varía en el tiempo, la cual actúa sobre una estructura, la misma que responde ante la excitación de  $f(t)$  con una energía propia, la cual es: La fuerza inercial  $fi$  que se opone a la aceleración, Fuerza de amortiguación  $fd$  que se opone a la velocidad y la fuerza de rigidez  $fs$  la que se opone al desplazamiento producidos por la Fuerza sísmica  $f(t)$

El diseño sismorresistente no es nada más que la aplicación de los conocimientos científicos y tecnológicos enfocados en el diseño estructural, de manera que la edificación diseñada resista las solicitaciones que se liberan en el sismo. Sin embargo, otra manera de conceptualizar es la preparación estructural para que cuando ocurra este fenómeno natural pueda garantizar la supervivencia y además la confiabilidad de que la estructura no colapsará.

El referirme al uso de herramientas tecnológicas vanguardistas, no solo me limité el concepto al uso de softwares para el cálculo, sino también a la incorporación de dispositivos que de una manera a otra mejoren el comportamiento estructural y de hecho ante un evento sísmico, la estructura tenga al menos un desempeño operativo.

Por ello, si se requiere diseñar una estructura sismorresistente adecuada, es decir, una estructura que tenga un buen desempeño, el planteamiento de diseño se podría realizar de dos maneras: una sería la convencional o tradicional, la cual consiste en incorporar elementos estructurales que sean capaces de rigidizar lo suficiente a la estructura, pero a la vez, que tengan la capacidad de deformarse y trabajar por lo menos en el rango inelástico (Estructuras Dúctiles).

La otra forma de obtener una edificación sismorresistente, es haciendo uso de dispositivos que sumen la amortiguación de la estructura, de manera que, las fuerzas sísmicas se disipen reduciendo los daños e incrementado el desempeño.

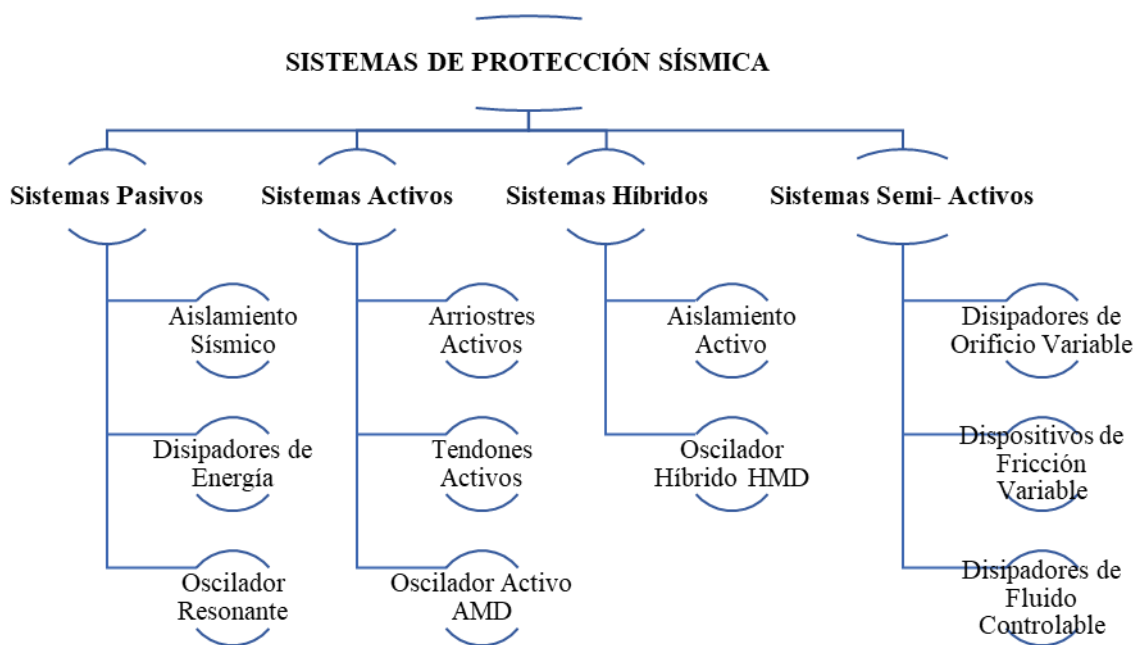
Es preciso recalcar que, el diseño sismorresistente se rige por la NTP E.030, en la cual se especifica la filosofía de Diseño sismorresistente en artículo 1.3.

### **Incorporación de Disipadores como alternativa sismorresistente**

Siempre es sabido esta frase que dice: “más vale prevenir, que lamentar”. Así que, el uso de disipación de energía sísmica, ya sea en estructuras ya construidas (como un sistema de reforzamiento) o en proyectos futuros, traería consigo un gran beneficio. En ciertas ocasiones, no se puede aplicar el diseño convencional, por ejemplo, en el caso de las edificaciones esenciales, pues en cuanto a la ocurrencia

de un sismo, estas deben permanecer en un nivel de desempeño completamente operacional.

Los dispositivos de disipación de energía sísmica se clasifican en: Activos, Semi-Activos, Híbridos y Pasivos. En la *figura 03* se muestra con más detalle la clasificación.



*Figura 3:* Seismic safe System

De acuerdo a esta tabla, los disipadores de Energía pertenecen a un sistema de protección Pasiva. Pero los Disipadores a su vez se clasifican en disipadores de energía pasiva y activa. Esta categorización se conceptualiza en la *figura 04*.

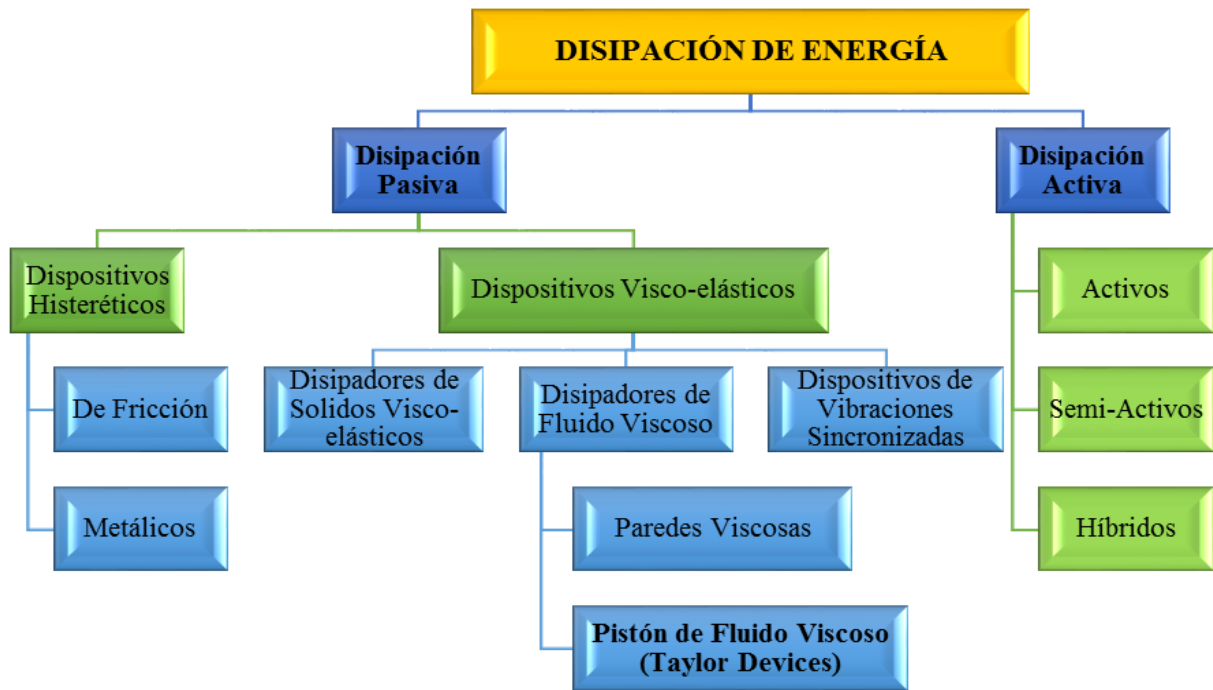


Figura 4: Cuadro conceptual de Disipación de Energía

**Disipador de Fluido Viscoso (Taylor Devices).** Tal y como se ha visto hay distintos tipos de disipadores con características visco-elásticas, de los cuales, los que más se vienen utilizando en nuestro país son los de Fluido Viscoso – Taylor. Al respecto el Ing. Julio Rivera explica, “la ingeniería estructural ha evolucionado de tal manera que, últimamente se utilizan dispositivos de amortiguamiento que dan una seguridad muy grande a los edificios”.

Un disipador viscoso Taylor es un elemento cilíndrico que se coloca en los pórticos estructurales de las edificaciones instalados generalmente de manera diagonal, este tiene en su interior dos cámaras con fluidos altamente viscosos que están separadas por un elemento conocido como cabeza de pistón, el cual contienen unos agujeros por donde transcurre el fluido. (Ver figura 05)

1. Pistón
2. Silicona inerte
3. Sellos

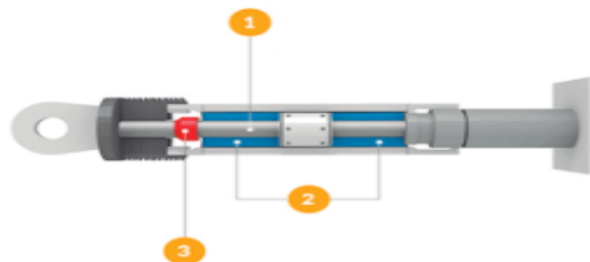


Figura 5: Partes de un disipador de fluido viscoso

Cuando ocurre un sismo, las fuerzas se transmiten hacia los anclajes, luego pasan por el brazo rígido con dirección a las cámaras donde se encuentra el fluido altamente viscoso, dicha fuerza activa el movimiento del pistón, el cual, al estar en contacto directo con el fluido en el interior de las cámaras, se ocasiona un nivel de amortiguamiento, que tiende a frenar la estructura e incrementar su desempeño estructural.

El Ing. Antonio Blanco explica lo siguiente, “cuando los edificios tienen un número de pisos importante, el disipador viscoso permite mejorar el comportamiento del edificio, disminuir las deformaciones laterales y disipar la energía” (CDV, 2015).

En los edificios multifamiliares, el tener en consideración la incorporación de disipadores viscosos, les hará convertirse en edificaciones casi esenciales, que como se sabe, es el máximo grado de protección en las edificaciones, que de hecho viéndolo de una óptica de costos, para los clientes se asegura la producción inmobiliaria. Según CDV Ingeniería Antisísmica, Se estima que la inversión en disipadores viscosos está entre el 1% y 3% del total del valor del proyecto. (Line, [www.cdvperu.com](http://www.cdvperu.com)). Considerando que cuando ocurra el sismo, el costo de los daños no será relevante, más bien se estará asegurando la vida de sus ocupantes, por ello invertir en seguridad prevenida es ganancia.

La NTP E.030 en su artículo 3.9 especifica que, para poder incorporar un sistema de aislamiento o disipación de energía, se hace, siempre y cuando se cumpla con la cortante mínima en la base y la distorsión de entrepiso máxima del sistema convencional, de tal manera que la performance que se va a tener ante un sismo muy severo ya utilizando estos dispositivos, se debe garantizar que su comportamiento sea aceptable. En dicho artículo se establece la aplicación del código americano ASCE/SEI 07–10 en su versión 2010.

**Balance energético.** Todo se basa en un balance energético, por teoría se sabe que, para que exista un equilibrio, las fuerzas actuantes tienen que ser menores a la fuerza resistente o, dicho de otra manera, la capacidad tiene que ser mayor a la demanda.

Villarreal & Oviedo (2009, p.11) establecen una relación de la conservación de energía o balance energético, donde la energía de entrada  $E$ , representa el trabajo hecho por la fuerza de corte total en la cimentación debido al desplazamiento del terreno y contiene el efecto de las fuerzas de inercia de la estructura.

$$E_T = E_k + E_s + E_h + E_d \quad \text{Ec:1.1}$$

**Donde:**

$E_T$ : Energía de entrada por el sismo

$E_k$ : Energía cinética

$E_s$ : Energía de deformación elástica recuperable

$E_h$ : Energía disipada por la amortiguación inherente del sistema

$E_d$ : Energía disipada por los dispositivos de amortiguamiento suplementario

The American Society of Civil Engineers (ASCE), establecen y recomiendan varios procedimientos mediante los cuales poder analizar las estructuras con disipadores: El Método estático Lineal o el de la fuerza lateral equivalente, el No Lineal Estático y el No Lineal Tiempo – Historia. (AZUNCION, 2016, p.56)

Ahora, suponga que necesita incorporar dispositivos en una edificación, ¿Cómo se plantearía el cálculo, de manera que se pueda saber cuántos equipos implementar? Lo que se tendría que hacer es obtener o calcular el coeficiente de amortiguación necesario para que la estructura no sobrepase los parámetros de deriva máxima.

Por principios de la dinámica estructural se sabe que para 1GDL:

En un sistema sin disipadores:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) \quad \text{Ec: 1.2}$$

Para un sistema con disipación incorporada.

$$(m + M)\ddot{x} + (C + c)\dot{x} + (k + K)x = f(t): \quad \text{Ec: 1.3}$$

Donde:  $C$ : Constante de amortiguación del Disipador

$c$ : Constante de amortiguación del sistema sin Disipador

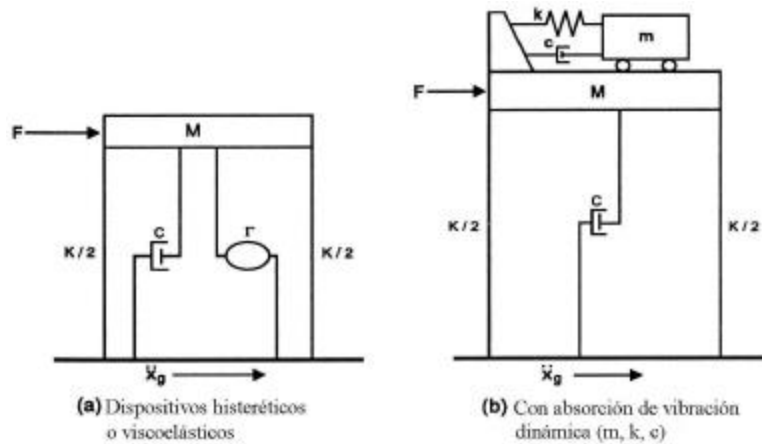
m y M: Masas

$\dot{x}$ : Velocidad relativa entre los extremos del dispositivo

x: Desplazamiento relativo del sistema

k y K: Rigideces

En la *figura 06* se puede apreciar el modelo matemático de una estructura de un grado de libertad con disipadores



*Figura 6:* Modelo de 1GDL

Al centrarnos únicamente en la fuerza total de amortiguamiento, se tiene que:

$$c\dot{x} + C\dot{x} = f_{d+h}(t) \quad \text{Ec: 1.4}$$

Esta expresión describe únicamente la fuerza de amortiguamiento del sistema con disipación. Luego, la fuerza reductora que ejerce el disipador solamente, se describe en la ecuación 1.5, la cual rige un comportamiento lineal.

$$C_{dis}\dot{x} = f_d(t) \quad \text{Ec: 1.5}$$

Al liberarse las sollicitaciones en un sismo de importante intensidad, el comportamiento de las estructuras será NO LINEAL, por ende, la ecuación 1.5, será ajustada a un comportamiento no lineal elevando a la velocidad con un exponente  $\alpha$ .

Por tanto, la ecuación general que determina la fuerza del disipador es:

$$f_d = C * \dot{x}^\alpha \quad \text{Ec: 1.6}$$

Donde:

- $f_d$ : Fuerza del Disipador
- C: Coeficiente de amortiguación
- $\dot{x}$ : Velocidad del disipador
- $\alpha$ : Exponente Constante

Con esta ecuación se determina la fuerza del disipador con un comportamiento diferente al lineal. La cual, para valores de  $\alpha > 1$  se puede obtener a partir de: ( $v = 1$  Length/time), fuerzas mucho mayores, sin embargo, para  $\alpha < 1$  la fuerza de amortiguamiento es mucho mayor en comparación con los otros dos, Cuando la velocidad está entre estos límites:  $0 \leq v \leq 1$ , en la *figura 07*, se visualiza esta importante relación, la cual aporta una mejor comprensión del comportamiento de estos dispositivos en su forma lineal y no lineal.

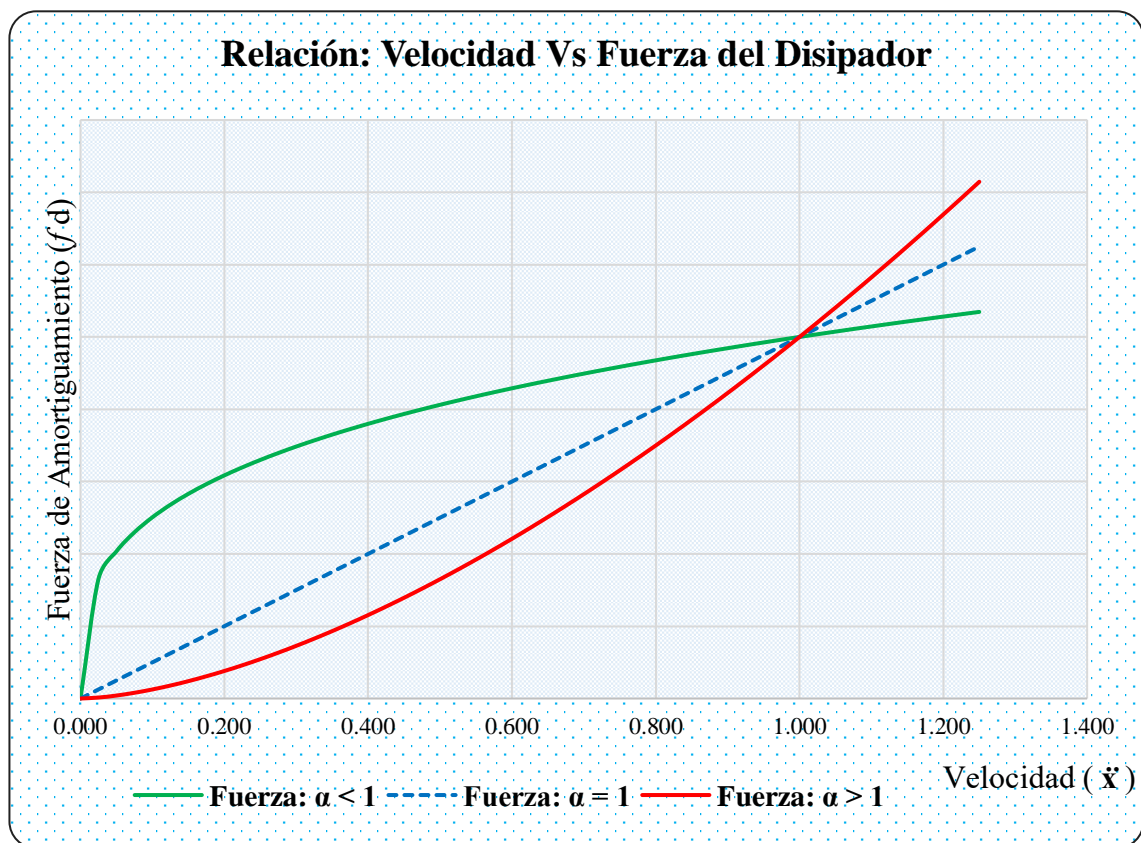


Figura 7: Relación V vs F del Disipador – Fuente: propia

Medina, 2017 en su tesis menciona que para “el análisis de edificaciones es recomendable un exponente de velocidad  $< 1$ , [...] (p.51), esto se debe a que el



disipador absorbe una gran cantidad de fuerza con velocidades muy pequeñas. Al respecto CDV Ingeniería Antisísmica recomienda utilizar un rango de  $\alpha$  entre 0.4 y 0.6

De la ecuación 1.4, nótese que la fuerza de amortiguamiento total, es la adición de dos términos, compuestos por el producto de las velocidades relativas y las constantes de amortiguación, del sistema estructural natural y del dispositivo viscoso, respectivamente. Análogamente, la disipación total se puede expresar en términos de las razones de amortiguación:

$$\xi_{eff} = \xi_0 + \xi_{dis} \quad \text{Ec: 1.7}$$

Donde:

$\xi_{eff}$ : Coeficiente efectivo de amortiguación

$\xi_n$ : Coeficiente natural de amortiguación del sistema

$\xi_{dis}$ : Coeficiente de amortiguamiento de los dispositivos viscosos

La ecuación 1.7 coincide con lo que se establece en FEMA 273, que adicionalmente sugieren algunas ecuaciones para la determinación de la razón o coeficiente de amortiguamiento de los disipadores.

El coeficiente de amortiguamiento del disipador de fluido viscoso para un comportamiento Lineal se calcula a partir de las siguientes expresiones (FEMA 273/274/356 Caps. 9 & ASCE/SEI 7–10, Cap.18):

$$\xi_{dis} = \frac{\sum W_i}{2 \pi * W_k} \quad \text{Ec: 1.8}$$

$$\sum W_i = \frac{2\pi^2}{T} * \sum C_{di} * x_{ri}^2 \quad \text{Ec: 1.9}$$

$$\sum W_i = \frac{2\pi^2}{T} * \sum C_{di} * \phi_{ri}^2 * \cos^2 \theta_i \quad \text{Ec: 1.10}$$

$$\sum W_k = \frac{4\pi^2}{T^2} * \sum m_i * \phi_i^2 \quad \text{Ec: 1.11}$$

Luego, al reemplazar las ecuaciones, 1.10 y 1.11 en la ecuación 1.8, se puede calcular el coeficiente o razón de amortiguación, correspondiente a un comportamiento Lineal ( $\alpha=1$ ).

$$\xi_{dis} = \frac{T * \sum C_{di} * \phi_{ri}^2 * \cos^2 \theta_i}{4 \pi * (\sum m_i * \phi_i^2)} \quad \text{Ec: 1.12}$$

Donde:

$W_k$ : Energía que se disipa por el dispositivo en un periodo dado

$W_{i,j}$ : Energía propia de la estructura – E<sub>natural</sub>

T: Periodo natural

$C_{di}$ : Constante de Amortiguación del disipador

$x_{ri}$ : Desplazamiento relativo del Disipador  $i$  (Axial)

$\phi_{ri}$ : Despl. Modal relativo del disipador horizontalmente

$\theta$ : Angulo de inclinación del disipador medido desde la horizontal

$m_i$ : Masa del piso  $i$

$\phi_i$ : Desplazamiento modal del piso  $i$  (Modo 1)

La masa  $m_i$  se calcula con la relación peso y aceleración de la gravedad ( $m_i = W_i/g$ ).

Para el caso de dispositivos de comportamiento no lineal ( $\alpha < 1$ ), FEMA propone la siguiente expresión:

$$\xi_{eff} = \xi_0 + \frac{\sum \lambda C_{di} * \phi_{ri}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_i}{2 \pi * A^{1-\alpha} * \omega^{2-\alpha} \sum (m_i * \phi_i^2)}$$

*Razón de amort. Efectiva*      *Razón de amort. Natural*      *Razón de amort. Dispositivo de disipación*      Ec: 1.13

En donde que la razón de amortiguamiento del disipador para un comportamiento no Lineal será:

$$C_{di} = \frac{2 \pi * A^{1-\alpha} * \omega_i^{2-\alpha} \sum (m_i * \phi_i^2)}{\lambda * \sum \phi_{ri}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_i} * \xi_{dis} \quad \text{Ec: 1.14}$$

Donde:

A: Desplazamiento o amplitud del primer Modo

$\lambda$ : Parámetro Landa

$\omega_i$ : Frecuencia de vibración del primer Modo

Fema 274 en el capítulo 9 en la tabla C9 – 4, establece valores para Landa, donde los valores de landa ( $\lambda$ ), dependen netamente del exponente de la velocidad  $\alpha$

Tabla 1: *Valores de Lamda*

Exponent $\alpha$	Parameter $\lambda$
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Fuente: FEMA 274

La constante C de amortiguación del disipador, se puede calcular de dos maneras, la primera es por la metodología HAZUS – VISION 2000 (SEAOC – 95) y la otra manera es la que se muestra en el libro *Edificaciones con disipadores de Energía* del Dr. Genner Villarreal y M.Sc. Ricardo Oviedo, en el punto 3.4.1.

Metodología HAZUS (SEAOC – 95)

$$\beta = \frac{2.31 - 0.41 * \ln(\xi_0)}{2.31 - 0.41 * \ln(\xi_{eff})} \quad \text{Ec:1.15}$$

Despejando:

$$\xi_{eff} = \xi_0^{\frac{1}{\beta}} * e^{\frac{2.31}{0.41} * (\beta - 1)} \quad \text{Ec: 1.16}$$

Donde:

$\beta$ : Coeficiente de Reducción de Respuesta que se calcula para ambas direcciones

$\xi_{eff}$ : Razón de amortiguamiento efectivo

El Factor de Reducción de Respuesta para ambas direcciones se calcula con el cociente de la distorsión máxima obtenida en el primer análisis, con la distorsión o deriva objetivo. Esta última, está propuesta en tablas por HAZUS – Vision 2000, la

cual varía de acuerdo a los diferentes tipos de sistemas estructurales, número de pisos y el daño del edificio por un sismo de diseño, de manera que el diseño se tiene que realizar con la finalidad de que la estructura no llegue a tal tipo de comportamiento.

$$\beta = \frac{D_{m\acute{a}x}}{D_{objetivo}} \quad \text{Ec: 1.17}$$

Donde:

$D_{m\acute{a}x} = A_{Drift}$ : Distorsión máxima en de ambas direcciones

$D_{objetivo}$ : Distorsión objetivo

En las tablas 5.9 a y b of the HAZUS – MH MR4 Thechnical Manual o Manual técnico de HAZUS se establecen parámetros de la deriva objetivo de acuerdo al nivel de diseño sísmico y al tipo de sistemas estructurales especificados y descritos en la tabla 5.1 (p. 176).

Tabla 2: *Sistemas estructurales de concreto armado, N° Pisos y Codificación*

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
16	C1L	<b>Concrete Moment Frame</b>	Low-Rise	1 – 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	<b>Concrete Shear Walls</b>	Low-Rise	1 - 3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
22	C3L	<b>Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls</b>	Low-Rise	1 - 3	2	20
23	C3M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
24	C3H		High-Rise	8+	12	120

Fuente: Manual Hazus

Tabla 3: *Valores de la Distorsión objetivo*

Building Properties			Interstory Drift at			
Type	Height (inches)		Threshold of Damage State			
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
S5L						
S5M						
S5H						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300

Fuente: Manual HAZUS (p.213-214)

Una vez determinado el factor de reducción beta, se reemplaza en la ecuación 1.16, dicho valor por recomendaciones del Ingeniero Genner Villarreal debería estar en un rango del 20% al 40%. Por debajo del 20%, no justifica el uso de disipadores, y por encima del 40% se tendría que utilizar mucha disipación, lo cual, el comportamiento de la estructura cambiaría. Luego se calcula el coeficiente de amortiguación con la ecuación 1.7, para finalmente calcular la constante de amortiguación requerida.

Según Oviedo & Villarreal. Para calcular la constante de amortiguamiento solo se limita a calcular la amplitud o distorsión máxima con la ecuación 1.14, para luego utilizar la ecuación 1.18 para calcular el C, con un alfa igual a 0.5

$$A_{Drift} = \frac{10g*r_1*Sd_1*T_1}{4*B*\pi^2} \quad \text{Ec: 1.18}$$

Donde:

$A_{Drift}$ : Desplazamiento o amplitud en mm

$g$ : Aceleración de la gravedad

$r_1$ : Factor de participación del primer Modo fundamental de vibración.

$$r_1 = (1.20 \text{ a } 1.60) * T$$

$Sd_1$ : Aceleración espectral del sismo de Diseño

$T_1$ : Periodo de primer modo de vibración

$B$ : 1.2

La aceleración espectral se calcula por medio de la siguiente expresión, especificada en la NTP – E.030 – 4.6.2

$$Sd_1 = S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \quad \text{Ec: 1.19}$$

Donde:

$Z$ : Factor de Zona

$U$ : Factor de Uso

$C$ : Factor de Amplificación Sísmica

$S$ : Factor de Suelo

$R$ : *Coficiente* de reducción de las Fuerzas Sísmicas

La rigidez del dispositivo se calcula con la siguiente expresión:

$$K_d = \frac{Cd}{10*(\Delta t)} \quad \text{Ec: 1.20}$$

Donde:

$K_d$ : Rigidez del Disipador.

$\Delta t$  = Intervalo de tiempo del registro sísmico.

La rigidez del brazo metálico que se conecta y se calcula con la siguiente expresión

$$K = \frac{EA}{L}$$

Ec: 1.21

Donde:

$E$ : Módulo de elasticidad del acero

$A$ : Área de la sección transversal

$L$  = Longitud

**Criterios de ubicación de los Dispositivos.** La efectividad de la disipación de la Energía sísmica en las estructuras, guardan una relación directa con la cantidad y disposición de los dispositivos. Las dos más conocidas son la disposición Diagonal y Chevron (Ver: Figuras 08 y 09)



Figura 8: Disposición Diagonal – Fuente: CDV Divises



Figura 9: Disposición Chevron – Fuente: CDV Divises

El comportamiento de los disipadores de Fluido Viscoso, se puede representar mediante una gráfica, cuya relación de ejes es: desplazamiento en eje x y Fuerza en el eje y. A dicha gráfica se le conoce como curva histerética.

FEMA 274 en el capítulo 9 establece las repuestas idealizadas de los dispositivos de disipación de energía, Force – Displacement. (Ver figura 08)

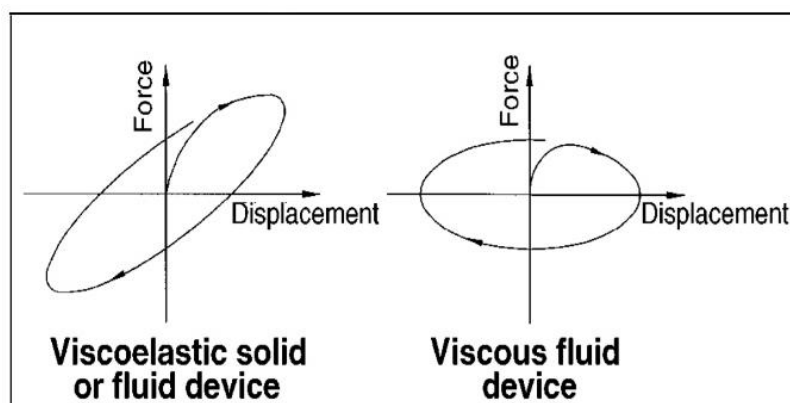


Figura 10: Grafica de Fuerza Vs Desplazamiento en Dispositivos Viscoelásticos

### El Desempeño Sísmico en el Diseño Sismorresistente

Mucho esfuerzo y arduo trabajo de investigación, de diversos grupos de ingenieros civiles, ha dado como resultado un gran avance y desarrollo de la ingeniería sismorresistente basada en el desempeño. Lo cual ha provisionado el establecimiento de métodos, lineamientos y guías tanto para el diseño como rehabilitación sísmica de estructuras.

La lista encabeza el comité VISION 2000 (Asociación de Ingenieros Estructurales de California – SEAOC 1995), luego en 1996 ATC – 40 (Consejo de Tecnología Aplicada) donde se aborda la Evaluación Sísmica y Reforzamiento de Estructuras de Concreto, al siguiente año, la Agencia Federal de Gestión de Emergencia FEMA 273/274, posteriormente en el año 2000 el FEMA 356, en el año 2003 el FEMA 440. En el 2012 FEMA P – 58 – 1 y finalmente, todos los procedimientos que al pasar el tiempo se ajustaban con las nuevas publicaciones se normalizó en el código ASCE 2013. Todos los conceptos desarrollados por cada una de las organizaciones coinciden entre sí, excepto por los términos de abordaje temático y algunas mejoras en sus aportes.

La conceptualización que brinda VISION 2000 en cuanto al Nivel de Desempeño es la máxima expresión medida en daño de una edificación de acuerdo a su importancia, ante la sollicitación de fuerzas de un sismo específico de diseño (SEAOC; 1995).



El diseño sismorresistente basado en el desempeño, cuantifica la capacidad de la estructura, con un nivel de confianza tolerable, respecto a los estados límites de daño, causados por una demanda sísmica, en base a una probabilidad de riesgo.

El comité VISION 2000 establece 4 Niveles de desempeño los cuales se identifican por medio de los siguientes calificativos.

- Totalmente Operacional
- Operacional
- Seguridad de Vida
- Pre Colapso.

Tabla 4: Niveles de Performance y estados de daño (V-2000 SEAOC-95)

Estado de Daño	Nivel de Desempeño	Principales Características
Frecuente	Ocupacional	Despreciable daño Estructural Continuidad y funcionalidad de los servicios después del sismo
Ocasional	Funcional	Los daños son Ligeros Los servicios esenciales continúan en funcionamiento
Raro	Seguridad	Daños moderados, es decir que la estructura sufre daños, pero permanece estable
Muy raro	Cerca al Colapso	El daño estructura es severo, próximo al colapso La seguridad de sus ocupantes en peligro
Completo	Colapso	Colapso de la estructura

Fuente: Propia

### Nivel de Amenaza Sísmica

El peligro sísmico se define como el riesgo de que un movimiento telúrico de determinada intensidad ocurra dentro de un periodo específico de tiempo. Es decir, el riesgo expresado en probabilidad es el 100% menos la probabilidad de no ocurrencia que da como resultado a la probabilidad de ocurrencia

$$\tilde{R} = 1 - p \quad \text{Ec: 1.22}$$

Donde:  $p$ : Probabilidad de no ocurrencia

$\tilde{R}$ : Ocurrencia probable

$$T_r = \frac{1}{p} \quad \text{Ec: 1.23}$$

Donde:  $T_r$ : Tiempo de retorno en años

Si:

$$\begin{aligned} \tilde{R} &= \tilde{R}^1 \\ \tilde{R} * \tilde{R} &= \tilde{R}^2 \\ \tilde{R} * \tilde{R} * \tilde{R} &= \tilde{R}^3 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ \tilde{R} * \dots * \tilde{R} &= \tilde{R}^n \end{aligned} \quad \text{Ec: 1.24}$$

En donde que  $\tilde{R}$  es el porcentaje de ocurrencia probable en  $n$  años.

Reemplazando las ecuaciones 1.22 y 1.23 en la ecuación 1.24.

$$\tilde{R} = \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n \quad \text{Ec: 1.25}$$

Al despejar  $p$  de la ecuación 1.22 y reemplazando la ecuación 1.25 queda la siguiente expresión.

$$p = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n \quad \text{Ec: 1.26}$$

De la expresión 1. 26 se despeja el tiempo de retorno.

$$T_r = \frac{1}{1-(1-p)^{\frac{1}{n}}} \quad \text{Ec: 1.26}$$

$T_r$  es el tiempo de retorno o periodo medido en años que deberá pasar hasta que la amenaza sísmica, respecto a una probabilidad de excedencia, se repita.

El periodo de retorno también se puede determinar con la siguiente expresión:

$$\frac{n}{T_r} + \int_0^R \frac{1}{R} dR = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{n}{T_r} + \ln(R) = 0$$

$$T_r = \frac{-n}{\ln(1-p)} \quad \text{Ec: 1.27}$$

Tabla 5: Niveles de amenaza sísmica

Nivel de Sismo de Diseño	Probabilidad $p$ de Excedencia en $n$ años		$T_r = \frac{1}{1 - (1 - p)^{\frac{1}{n}}}$	$T_r = \frac{-n}{\ln(1 - p)}$	SEAOC VISION 2000
Sismo Frecuente	50%	30	43.78	43.28	43
Sismo Ocasional	50%	50	72.64	72.13	72
Sismo Raro	10%	50	475.06	474.56	475
Sismo Muy raro	5%	50	975.29	974.79	970

Fuente: propia

### Objetivo de Desempeño de una Estructura

El comité VISION 2000 propuso los objetivos del desempeño sísmico en un cuadro de doble entrada, al que todos lo conocemos como MATRIZ DE DESEMPEÑO. Dicha tabla se agrupa en tres categorías.

**Categoría 1.** Objetivo Crítico: Edificaciones que contienen materiales de alto riesgo, químicos, plantas nucleares, etc.

**Categoría 2.** Objetivo esencial: Hospitales, universidades etc.

**Categoría 3.** Estructuras Básicas: Complejos, viviendas, residenciales, edificios para oficinas

Tabla 6: Operatividad estructural bajo el nivel de sismo de diseño

Nivel de Sismo de Diseño	Estructuras Críticas	Estructuras esenciales	Estructuras Básicas
Sismo Frecuente	TO	TO	TO
Sismo Ocasional	TO	TO	O
Sismo Raro	TO	O	SV
Sismo Muy raro	O	SV	CC

Fuente: Propia

Donde:

TO: Totalmente Operacional

O: Operacional

SV: Seguridad de Vida

CC: Cerca del Colapso

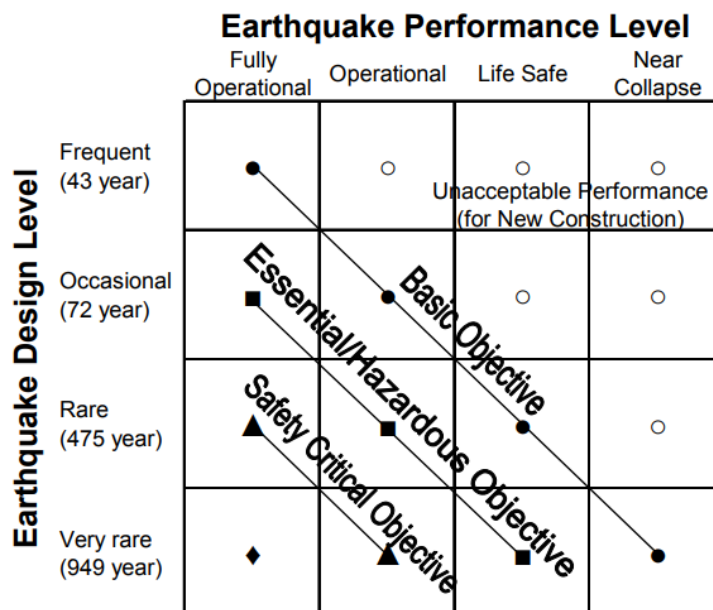


Figura 11: Matriz de desempeño

Para especificar el desempeño de una estructura, la asociación de Ingenieros Estructurales de California, SEAOC – 95, en vision 2000, divide al rango inelástico de la curva de capacidad en 4 sectores, los cuales son límites con un porcentaje de la capacidad de desplazamiento inelástico de la estructura. ( Ver figuras 12y 13)

Nivel de Desempeño	Rango de Desplazamiento
Operacional	$0 - (\Delta FE)$
Funcional	$(\Delta FE) - (\Delta FE + 0.30\Delta p)$
Seguridad de Vida	$(\Delta FE + 0.30\Delta p) - (\Delta FE + 0.60\Delta p)$
Cerca al Colapso	$(\Delta FE + 0.60\Delta p) - (\Delta FE + 0.80\Delta p)$
Colapso	$(\Delta FE + 0.80\Delta p) - (\Delta FE + \Delta p)$

$\Delta FE$ : Desplazamiento correspondiente al Punto de Fluencia Efectiva.  
Es el desplazamiento en el rango elástico de la estructura.  
 $\Delta p$ : Rango Plástico.

Figura 12: Rango de desplazamientos ligado a los niveles de Desempeño

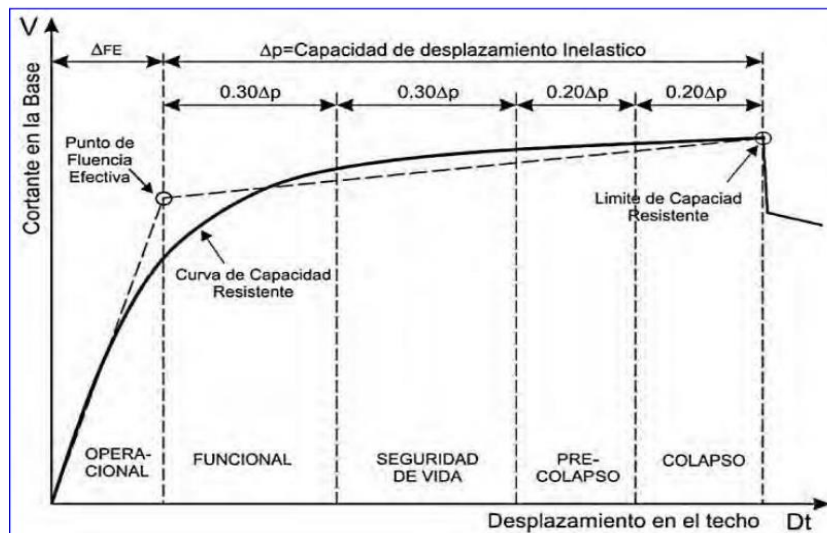


Figura 13: Sectorización de la curva de Capacidad

### Análisis Estático No Lineal

A este tipo de análisis, también se le conoce como Análisis Pushover. Según FEMA 356 el proceso de análisis Pushover se centra en la aplicación de una carga lateral a la estructura, dicha carga se irá incrementando paulatinamente hasta que la estructura alcance un desplazamiento máximo, monitoreado en un punto de control

en el techo de la edificación, el desplazamiento máximo se da cuando la edificación ha colapsado.

### Curva de Capacidad

La incursión en el rango inelástico de los elementos estructurales para el análisis por desempeño es fundamental, dado que, ante la eventualidad de un sismo, los elementos de la estructura sobrepasarán sus límites elásticos, y su capacidad resistente estará en prueba. El análisis Pushover, permite realizar una visualización grafica de la curva de capacidad del modelo estructural. (Ver figura 14)

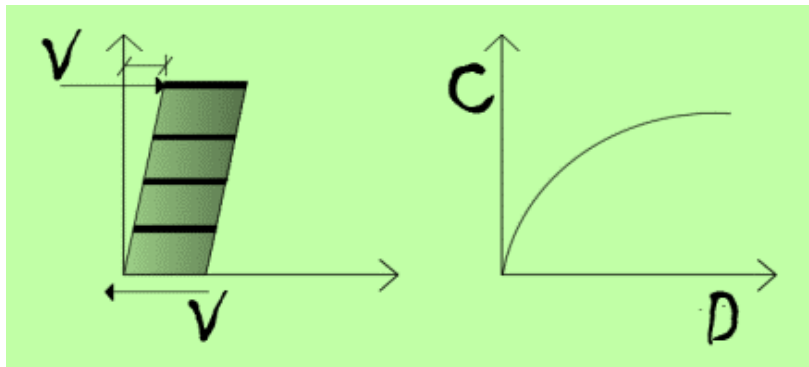


Figura 14: Idealización Análisis Pushover – Curva de Capacidad

### Desempeño Sismoresistente

Es el máximo desplazamiento esperado, respecto a las sollicitaciones de un sismo de diseño dado. A este se le conoce como el punto de desempeño. Al respecto, Taípe en su Tesis de maestría, “EL desplazamiento máximo esperado viene dado directamente por el punto de intersección entre la curva de capacidad y el espectro de diseño elástico” (p.146). (Ver figura 15)

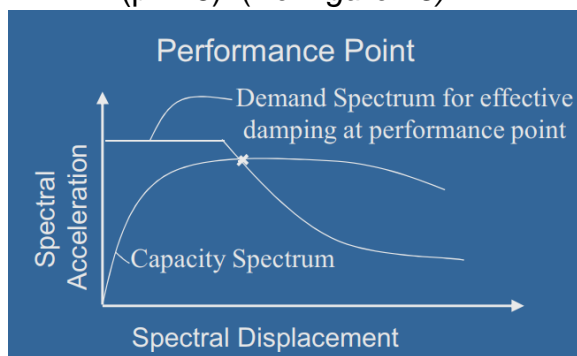


Figura 15: Performance Point – Fuente: M. Iqbal Suharwardy – Computers & structures

### **III. MÉTODOLÓGÍA**

### 3.1 Tipo y diseño de Investigación

**Tipo de Investigación de acuerdo al Fin:** Esta tesis de acuerdo al Fin es **Aplicada**, porque se toma teorías, métodos y técnicas, las cuales se aplican de manera práctica, de modo que se pueda observar la incidencia de la disposición de los disipadores de fluido viscoso en los edificios regulares de lima metropolitana. Sánchez (2004, p. 42) aclara que la investigación aplicada abarca un determinado grupo o conjunto de actividades que tiene por finalidad descubrir y aplicar nuevos conocimientos científicos que se pueda aplicar en productos para su mejora e incrementación de la productividad y su calidad.

**Tipo de Investigación de acuerdo al Nivel:** El nivel de investigación que se manejará en este proyecto es de nivel **relacional**, porque se basa en el estudio y el análisis de las variables que tienen un vínculo de relación entre sí.

Al respecto Bernal (2010, p. 114) menciona, La investigación relacional se encarga de examinar las relaciones que existen entre las variables o sus propios resultados que la variable presenta, dicho de otra manera, la correlación examina la asociación mas no las relaciones causales, es decir no explica en absoluto la causa y efecto de las variables.

#### **Tipo de Investigación de acuerdo al diseño metodológico:**

**Investigación Experimental: Cuasi – Experimental:** La investigación de tipo Experimental: cuasi experimental porque la variable independiente (**Disipadores de Fluido Viscoso**), actúa sobre la variable dependiente (**Nivel de Desempeño Sísmico**), Presentando cambios observados en el modelo virtual de los edificios regulares, “realizado en el software SAP2000”, mas no representados en la vida real.

De corte transversal: Porque la información se desarrolla en un solo tiempo.

SAMPIERI, C. y LUCIO. (p.151). Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único

#### **Tipo de Investigación de acuerdo al Enfoque:**

**Enfoque Cuantitativo:** El tipo de investigación de acuerdo al enfoque de esta tesis es cuantitativo porque presenta cálculos numéricos.



Según Rojas (2011, p.10) la investigación cuantitativa se basa en la recolección de los datos, luego, efectuando en análisis de datos correspondiente a fin de representar de forma gráfica los conceptos metodológicos, de esa forma se genera los resultados específicos y eficientes.

### **3.2 Variables y Operacionalización**

#### **Definición conceptual**

**V. independiente: Disipadores de Fluido Viscoso:** Según CDV Ingeniería Antisísmica, los disipadores viscosos son dispositivos que se empotran a los pórticos estructurales, los que, en un momento dado, ante la ocurrencia de un evento sísmico, disipan la energía sísmica a través del paso de fluido altamente viscoso en su interior ocasionando mayor resistencia al movimiento libre del edificio. (Line, [www.cdvperu.com](http://www.cdvperu.com)).

**V. Dependiente: Nivel de Desempeño Sísmico:** (SEAOC; 1995), La conceptualización que brinda VISION 2000 en cuanto al Nivel de Desempeño es la máxima expresión medida en daño de una edificación de acuerdo a su importancia, ante la sollicitación de fuerzas de un sismo específico de diseño.

#### **Definición Operacional**

**V. Independiente: Disipadores de Fluido Viscoso:** La finalidad de los disipadores de fluido viscoso es reducir cada uno de los desplazamientos relativos que se presentan en los entrepisos, y por tanto aminorar el daño estructural. Esto se logra mediante un incremento de la participación del amortiguamiento viscoso en la disipación de energía sísmica”

**V. Dependiente: Nivel de Desempeño Sísmico:** El NDS es el daño que se produce en una estructura según su importancia después de la ocurrencia de un sismo severo en un determinado tiempo de retorno. El desempeño se mide en el impacto que tienen estos daños tras haber ocurrido el sismo.

Para mas detalle revisar el **anexo 03**

### **3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo y unidad de análisis**

**Población.** Para el presente proyecto de investigación se considera como población todos los edificios regulares ubicados en el distrito de **Cercado de Lima**. Según Sampieri, Collado, y Lucio (2010, p174). Población o universo [es el] Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.

**Muestra.** En la presente investigación, se tomará 01 edificio regular de 15 niveles ubicado en el distrito de **Cercado de Lima**. El mismo que se analizará de la siguiente manera:

- **Primer análisis:** se efectuará al edificio sin disipadores, que servirá como patrón, y permitirá observar la variación de los resultados.
- **Segundo análisis:** Con disipadores de fluido viscoso en **disposición Diagonal**.
- **Tercer análisis:** Con disipadores de fluido viscoso en **disposición Chevron Diagonal**.

LÓPEZ, J. (1998) Considera que “la muestra censal es aquella porción que representa toda la población” (p.123).

**Muestreo.** Para Sánchez y Reyes (2006), define como la técnica que se usara para poder tomar una muestra que represente a la población, (p.141).

#### **Tipo**

**Muestreo No probabilístico:** Para el proyecto de investigación el tipo de muestreo será **no probabilístico**.

Al respecto, Sánchez y Reyes (2006), mencionan que muestreo No Probabilístico, es aquel que se desconoce la probabilidad que un elemento de la población pueda integrar la muestra. Este tipo de muestreo es muy utilizado debido a la rápida obtención de elementos que formaran parte para su estudio o análisis (p.147).

**Subtipo:** Para el proceso de investigación para la forma de tomar la muestra será de un sub tipo **Intencional**.

Al respecto, Sánchez y Reyes (2006), afirman que el muestreo cuyo sub tipo es **Intencional** es válido porque los elementos a considerar son representativos para que integren la muestra (p 147).

**Unidad de análisis:** Edificio de concreto armado con sistema dual

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) mencionan que la unidad de análisis viene a ser, el sujeto, sujetos u objetos de estudio los cuales van a ser medidos (p. 426).

### **3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez, Confiabilidad**

**Técnica de Recolección de Datos:** La técnica se define como a las acciones que se van a ejecutar para poder alcanzar la solución de un problema.

En esta investigación, como técnica de recolección de datos, se estableció realizar la **Observación estructurada**, es decir, efectuar la modelación y posterior análisis estructural, de manera que, se pueda observar el comportamiento de la estructura con y sin el uso de disipadores para posteriormente comparar su desempeño sísmico.

Para Sánchez y Reyes (2006), Es el medio que usara para poder recolectar la data necesaria de una realidad en estudio, de manera que se pueda alcanzar los objetivos (p.149).

**Instrumento de Recolección de Datos:** Los instrumentos para la recolección de los datos fueron:

Planos

- Análisis de documentación como, normas técnicas del RNE (E.020, E.030, E.060), como también la documentación de VISION 2000/SEAOC-95 (Structural Engineers Association of California), FEMA 273/274 (Federal Emergency Management Agency) & ATC 40, ASCE/SEI 7-10 (American Society of Civil Engineers)
- Software SAP2000
- Microsoft (Excel and Word)

Para Sánchez y Reyes (2006), Se refiere a las diferentes herramientas particulares que se usara en el proceso de recolección de la data. (p. 153).

### **Validez y Confiabilidad**

**Validez:** El instrumento de recolección de datos es el software SAP2000, este programa es reconocido a nivel mundial, debido a su amplia capacidad de cálculo de estructuras y su alto nivel de precisión ya que su iteración matemática se basa en el Método de los Elementos Finitos (MEF). Los resultados entregados por este programa, son avalados por muchos docentes, investigadores y por su creador el ingeniero estructural Ashraf Habibullah.

Para Sánchez y Reyes (2006), La valides de los instrumentos es de suma importancia, ya que estos instrumentos deben tener un orden lógico, que sea que la información que se obtenga a través de ellas sean importantes para el análisis de los resultados (p.153).

URRUTIA Egaña, Marcela, BARRIOS Araya, Silvia y otros, en su artículo menciona que la validez es un criterio de evaluación con el fin de determinar la importancia de las evidencias empíricas y los fundamentos teóricos que respaldan un instrumento [...], (p.548).

Por otro lado, LÓPEZ, Raúl, AVELLO, Raidell, PALMERO, Diana y otros, (2019), en su artículo afirman que la validez racional está ligada directamente con el conocimiento que el investigador tiene sobre su tema de estudio. Luego, Corral, Yadira (2009), aclara que, la validez racional o lógica o también llamada como validez de contenido se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico [...] del universo de contenido de la característica o rasgo que se quiere medir, responde a la pregunta cuán representativo es el comportamiento elegido como muestra del universo que intenta representar.

**Confiabilidad:** La confiabilidad del software que se ha utilizado como instrumento de recolección de datos, no es de discutir. SAP2000 es un software creado por la compañía CSi (Computers & Structures, Inc.), para efectuar modelaciones para el análisis y diseño estructural cuyo uso es a nivel mundial, su gran eficacia en el análisis, genera resultados muy parecidos a la realidad.

Sánchez y Reyes (2006), refiere confiabilidad al grado de consistencia de los resultados que se han obtenidos en una secuencia de mediciones que han sido tomadas con el mismo test. (p.155).

### **3.5 Método de análisis de datos.**

Para esta investigación se hará el uso del **método correlacional**.

- El análisis de los datos se realizará mediante representaciones de modelos matemáticos computarizados en SAP2000 & Excel, los cuales proporcionarán resultados que serán visualizados por medio de gráficos, los mismos que se analizarán con gran detalle realizando las respectivas comparaciones.
- Se considera prioritario hacer uso de la normativa: Norma E.020 – cargas, Norma E.030 Diseño Sismoresistente y la Norma E.060 – Concreto Armado, las mismas que se utilizarán para el desarrollo de la modelación, como también el de las normas americanas, FEMA 273/274/356, ASCE 7 – 10, el ATC 40 y VISION 2000 – SEAOC – 95.

Según López (2000), se refiere a que se necesita implementar un proceso metodológico que logre un adecuado y correcto análisis de datos, para poder alcanzar los objetivos propuestos en la investigación. (p.167).

### **3.6 Aspectos éticos**

En este proyecto de Investigación, por parte del investigador existe un compromiso con respecto a la veracidad y a la legitimidad de los resultados, es preciso resaltar que se utilizó información para contrastar la parte teórica de este trabajo, consecuentemente se especifica las fuentes en la bibliografía, adicionalmente el documento se analizó en el software Turnitin. Para el investigador es muy importante la conservación y el respeto por Intellectual property o Propiedad Intelectual (PI).

Según Coco (2001), el término de ética evalúa la conducta de un individuo, calificándola de adecuada o deseable, el aspecto ético en una investigación se entiende a que toda la información o conocimientos que se han considerado para poder resolver una problemática deben ser mencionados, es decir los autores de dichos conocimientos han sido nombrados en la investigación.

#### **IV. RESULTADOS**

## 4.1 Memoria Descriptiva

El edificio multifamiliar se encuentra ubicado en el departamento de Lima, Provincia de Lima y distrito de Cercado de Lima. **Ver Anexo 04**



Figura 16: Ubicación – Fuente: Google maps

### Descripción estructural:

El sistema estructural que conforma la edificación según nuestra norma técnica peruana de diseño sismorresistente E.030 en su capítulo 3 inciso 3.2 es un **sistema dual**, el cual es una combinación de pórticos y muros estructurales. La edificación presenta similares características estructurales en ambos sentidos, por esta razón, carece de irregularidad.

En la dirección (X – X) se observan pórticos interiores y algunos muros estructurales exteriores.

De la misma manera, en la dirección (Y – Y) se observan pórticos interiores y algunos muros estructurales exteriores.

Descripción de la geometría de los elementos estructurales.

4.1.1 Número de pisos = 15

4.1.2 Numero de Sótanos = 1

4.1.3 Se considera las siguientes alturas de entrepiso: para el sótano  $h = 4.00$  m, para el nivel 01°,  $h = 3.50$  m y del nivel 02° al nivel 15° la altura es típica  $h = 3.00$  m

## Distribución en planta del edificio

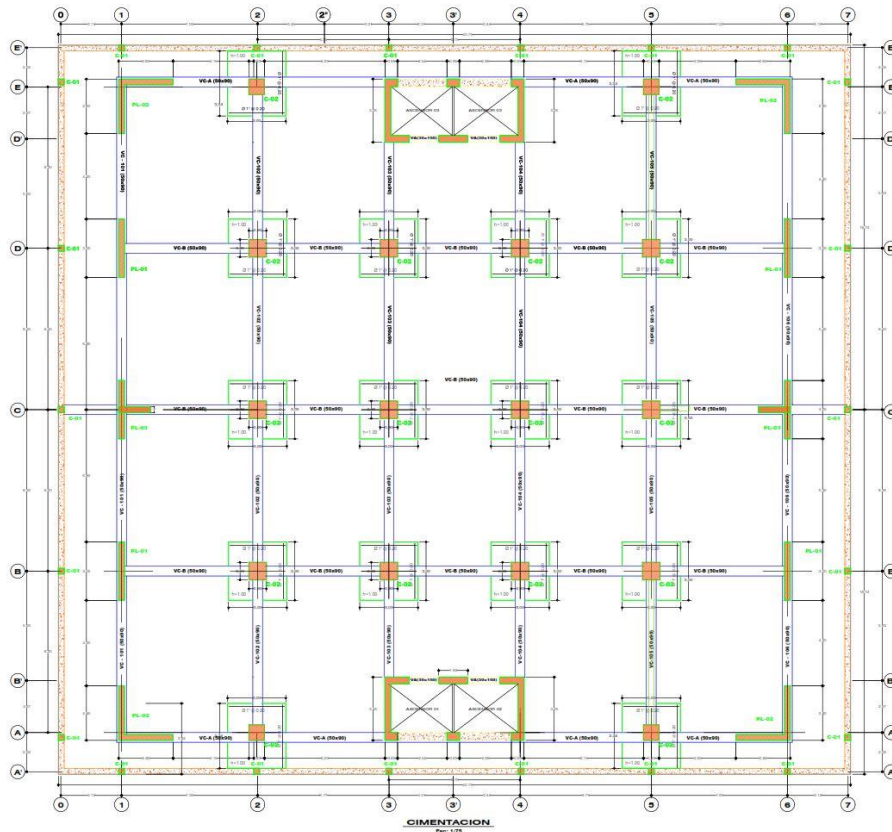


Figura 17: Distribución en planta de la cimentación

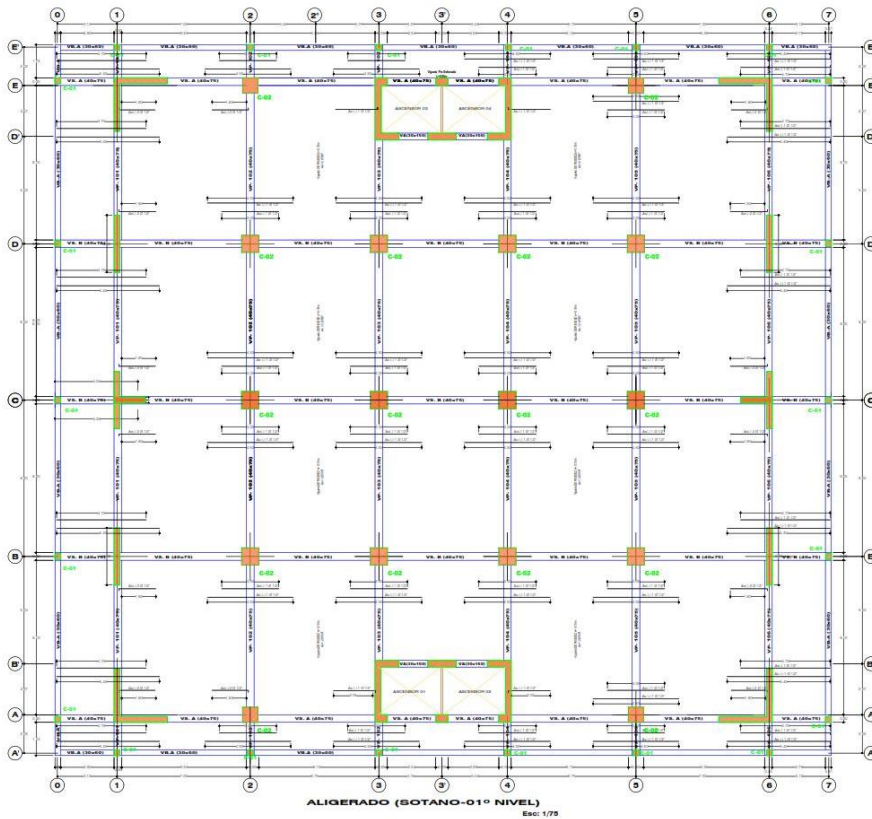


Figura 18: Distribución del aligerado de del sótano y el 01º nivel



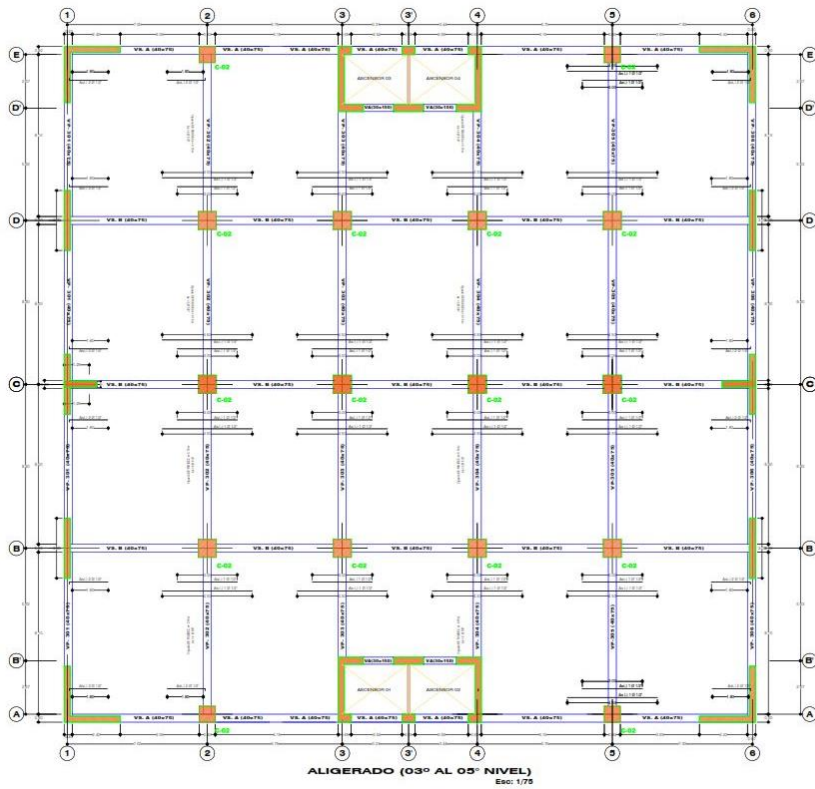


Figura 19: Distribución del aligerado de del 02° nivel al 05° nivel

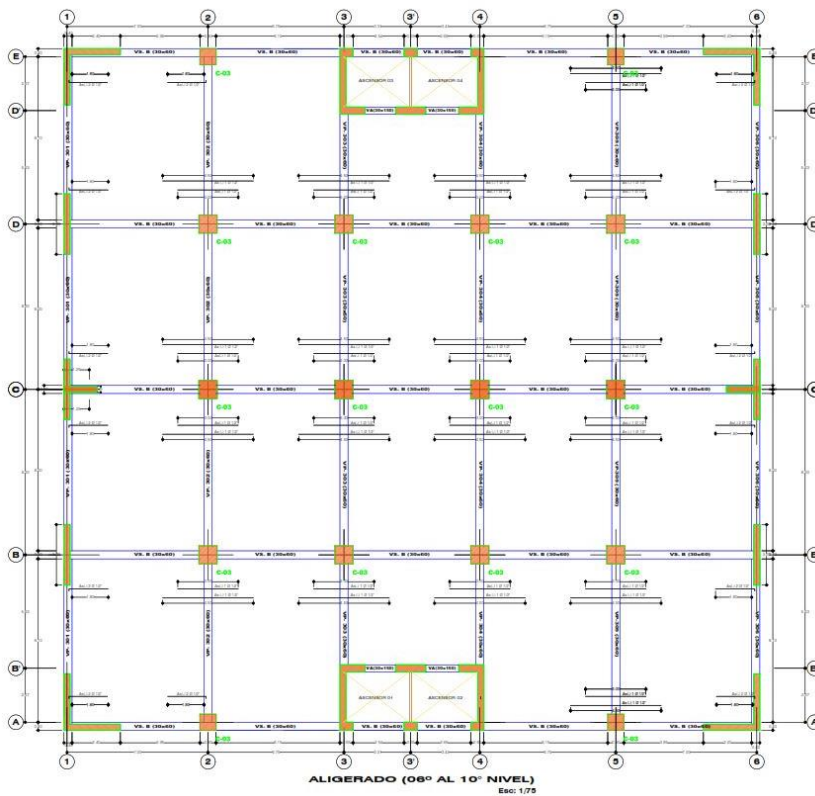


Figura 20: Distribución del aligerado de del 06° nivel al 10° nivel

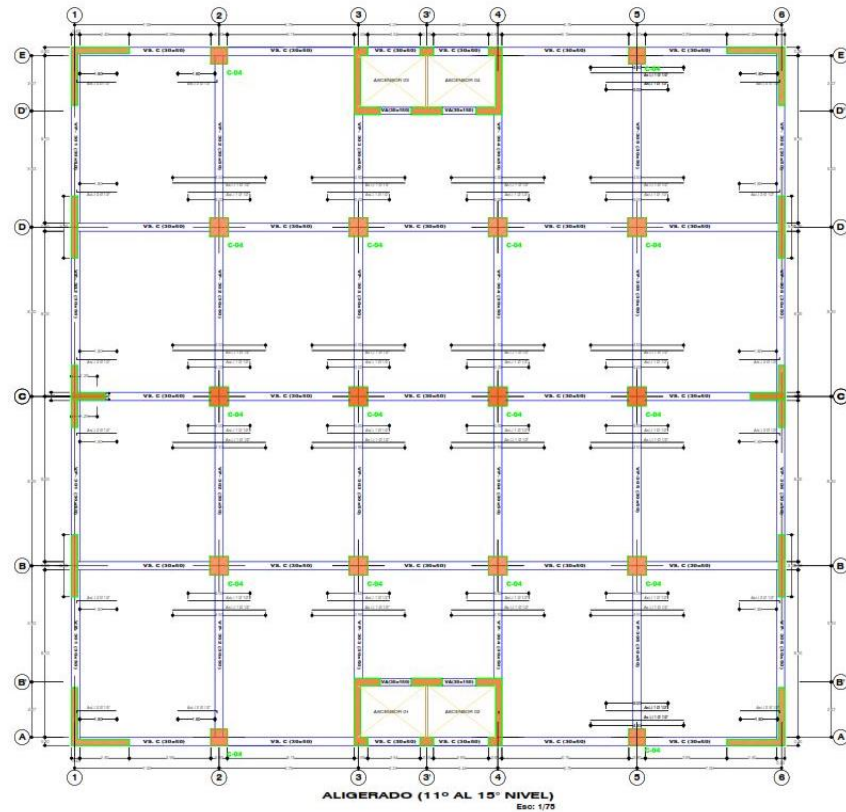


Figura 21: Distribución del aligerado de del 10° nivel al 15° nivel

#### 4.1.4 Geometría de Losas

- a) Losa en 2 direcciones de 25 cm
- b) Losa maciza - Nivel 01 - 25 cm

#### 4.1.5 Geometría de Vigas

- a) V-01 30x60cm (Viga perimetral muro)
- b) V-02 40x75cm (Sótano – 5° piso)
- c) V-03 30x60cm (6° – 10° piso)
- d) V-04 30x50cm (11° – 15° piso)
- e) V-05 25x50cm (Ascensor)

#### 4.1.6 Geometría de columnas

- a) C-01 30x30cm (Columna perimetral muro)
- b) C-02 80x80cm (Cimentación – 5° piso)
- c) C-03 70x70cm (6° – 10° piso)
- d) C-04 60x60cm (11° – 15° piso)

#### 4.1.7 Geometría de muros estructurales

- a) P1 20 cm (Perímetro sótano)
- b) P2 25 cm ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )

### 4.2 Modelamiento estructural

El análisis estructural del edificio de 15 niveles se realizará haciendo uso de la herramienta computacional SAP2000 en su versión 2020, teniendo en consideración los parámetros estipulados en las normas vigentes.

#### 4.2.1 Propiedades de los materiales

##### Propiedades del concreto

- $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
 $E_c = 15000 \cdot \text{Raíz}(280) = 250\,998.008 \text{ kg/cm}^2$

##### Propiedades del Acero

- $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
 $E_c = 2.1 \times 10^6 = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.2.2 Cargas consideradas en el análisis

Las cargas que se considerarán para realizar el modelo estructural, se aplicarán de acuerdo a lo que especifica la norma E.020 del RNE.

- Carga Muerta:
  - Peso propio según el anexo 1 de la NTP–E.020
  - El peso específico del concreto armado es  $2400 \text{ kg/m}^3$ , el peso de la losa de 25 cm es de  $350 \text{ kg/m}^2$ , se considerará también  $100 \text{ kg/m}^2$  tabiquería y  $100 \text{ kg/m}^2$  de acabados.
- Carga Viva:
  - La carga viva que se utilizará es de acuerdo a los numerales 6° y 7° de la NTP–E.020
  - La carga viva por piso es de  $250 \text{ kg/cm}^2$  y para el techo es de  $100 \text{ kg/cm}^2$ .

- Fuerza Sísmica

- La fuerza sísmica se calcula a partir de los pesos participantes en porcentaje. La norma E.030 establece la estimación del peso, sumando al peso permanente 25% de la carga viva (Por tratarse de una edificación de la categoría C) más el 25% de la carga de techo.

Tabla 7: Cargas de diseño

DESCRIPCIÓN DE CARGA	VALOR (kg/cm <sup>2</sup> )
Losa	350
Acabados de piso	100
Tabiquería	100
Carga viva piso típico	250
Carga viva azotea	100

Fuente: Propia

#### 4.2.3 Modelo del edificio multifamiliar de 15 niveles en el software SAP2000 en su versión 20.2.0

Una vez modelada la estructura del edificio de 15 niveles, se procede a efectuar análisis respectivo, el mismo que se puede visualizar en los cálculos del anexo 05, consecuentemente, se procede a cumplir las metas planteadas en los objetivos.

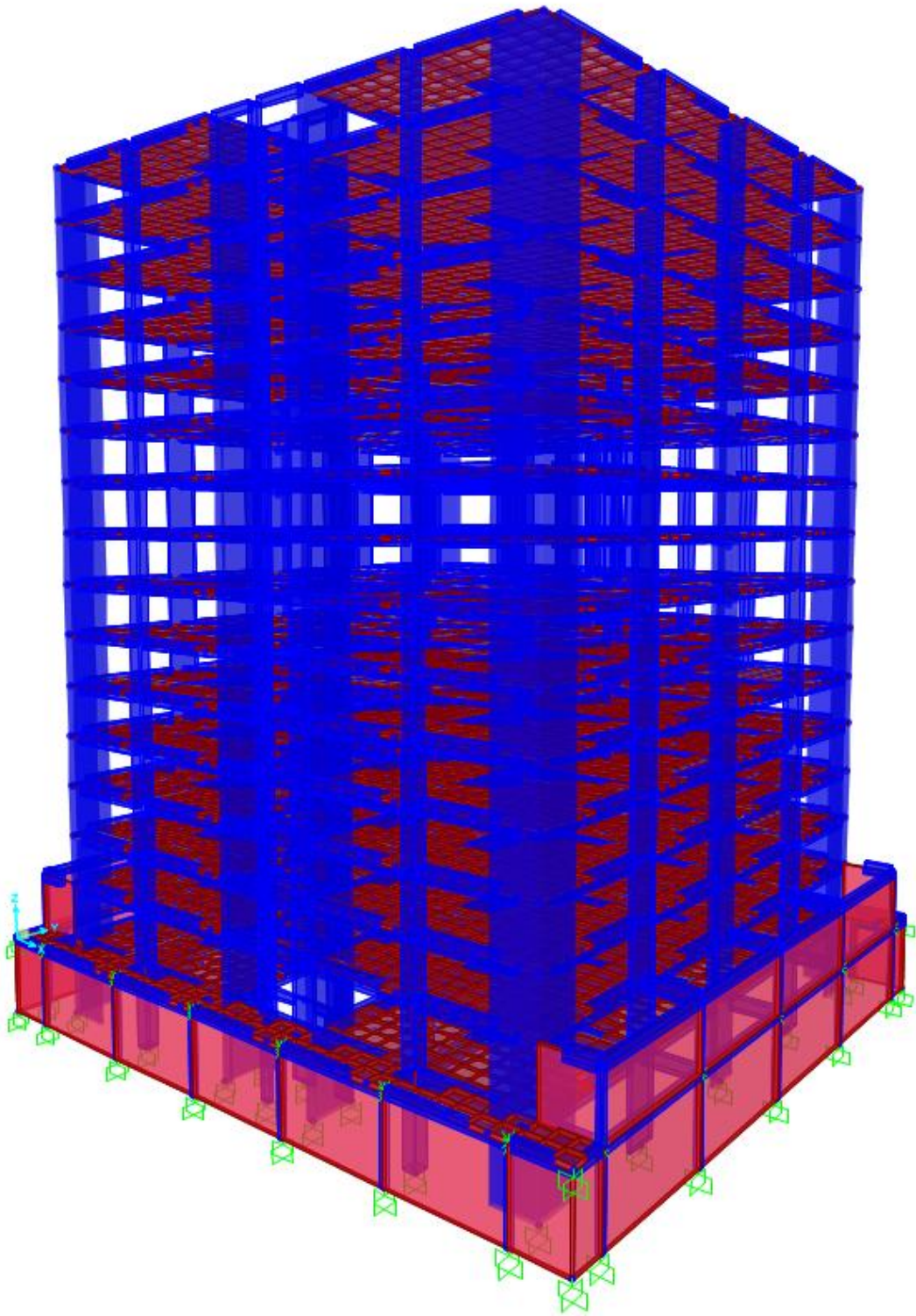


Figura 22: Modelo de la estructura. Fuente propia

### **4.3 Disposiciones de la norma E.030 para utilizar sistemas de disipación de energía sísmica**

De acuerdo numeral 3.9 de la NTP E.030, se permite utilizar sistemas de disipación de energía sísmica siempre y cuando la estructura analizada cumpla con la mínima fuerza cortante en la base (**Numeral: 4.6.4 – E.030**) y la máxima distorsión de entrepiso permisible (**Numeral: 5.1 y 5.2 – E.030**), por tanto, se procede a realizar los análisis correspondientes:

#### **4.3.1 Mínima fuerza cortante en la base (Numeral: 4.6.4 – E.030)**

Según la NTP E.030 la fuerza cortante dinámica del primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80% de la cortante estática si la estructura es regular, sin embargo, si la estructura es irregular no será menor que el 90%.

Expresado de manera matemática se tiene las siguientes inecuaciones:

$$\begin{aligned} V_D &\geq 0.80 V_E && \text{Estructuras Regulares} \\ V_D &\geq 0.90 V_E && \text{Estructuras Irregulares} \end{aligned}$$

Para ello es Necesario efectuar el análisis sísmico estático y un análisis sísmico dinámico (por fines académicos solamente se realizará el análisis dinámico modal espectral).

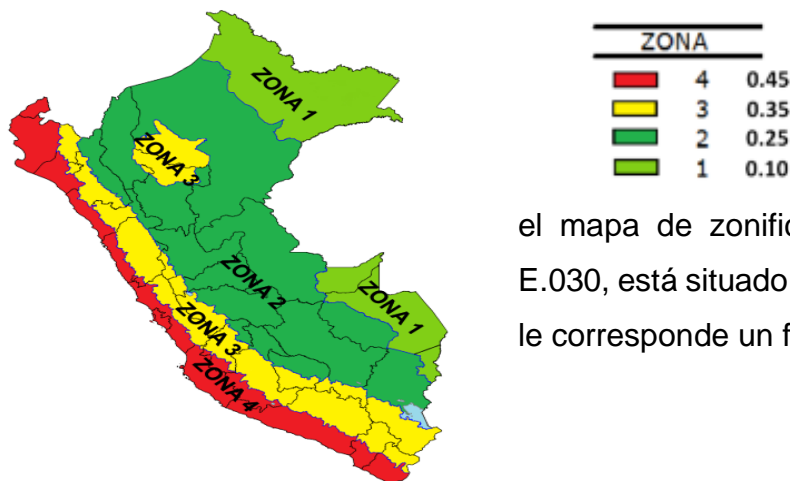
#### **I. Análisis sísmico estático**

El objetivo principal de realizar el presente análisis sísmico es, obtener los datos necesarios que permitan cumplir los requisitos estipulados en el numeral 3.9 de la NTP E.030 (*Mínima fuerza cortante y máxima distorsión de entrepiso permisible*) en concordancia con los numerales 4.6.4 y 5.2 de nuestra NTP E.030.

#### **Parámetros normativos utilizados en el análisis sísmico**

En la siguiente tabla se detalla los parámetros normativos para efectuar el análisis sísmico del edificio de 15 niveles.

- **Zona:** La edificación se sitúa en el distrito del Cercado de Lima, al visualizar en



el mapa de zonificación de nuestra norma E.030, está situado sobre la zona 4. Por tanto, le corresponde un factor  $Z = 0.45$ .

Figura 23: Zonas sísmicas. Fuente: NTP E.030 – 2018

- **Uso:** La edificación es una edificación común, por consiguiente, según la tabla N°5 de la NTP E.030, el factor uso o importancia  $U = 1.0$
- **Suelo:** según estudios realizados por diversos investigadores, el suelo predominante del distrito del Cercado de Lima es un suelo gravoso tipo canto rodado, al respecto, según el informe técnico de zonificación sismo – geotécnica para el centro de Lima (Cercado de Lima y Rímac) realizado por COOPI– COOPERACIONE INTERNACIONALE, (2010), en su capítulo 10 inciso 2 menciona que el suelo del Cercado de Lima está compuesto por un basamento rocoso, los suelos tienen buena capacidad de carga (más de  $8 \text{ kg/cm}^2$ ): Distribuidos en el 75% del área total estudiada (p. 30).

Por otro lado, el CISMID (Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres), en un informe de mecánica de suelos realizado en el jr. Ica, Cercado de Lima para la evaluación estructural con fines de reforzamiento del teatro municipal de Lima, en sus ensayos realizados el tipo de suelo que predomina es el suelo de tipo GP y GW que según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) corresponde a una clasificación de un suelo gravoso (p. 85).

Para más detalles, revisar el anexo 04, donde se encuentran los datos y referencias de los estudios mencionados.

Por tanto, estas características de suelo que tiene el distrito del Cercado de Lima, en contraste con lo que especifica la norma E.030 en el inciso 2.3.1, le corresponde una clasificación como perfil de suelo tipo S2 o un suelo intermedio, consecuentemente, el factor de suelo “S” según la tabla N° 3 de la norma es 1.05.

Los Periodos TP y TL, que dependen del tipo de suelo según la tabla N° 4 son 0.60 s y 2.00 s respectivamente.

- **Factor de amplificación sísmica:** “C” se calcula según las inecuaciones del numeral 2.5 el mismo que se calcula con las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{ll}
 T < T_P & C = 2.5 \\
 T_P < T < T_L & C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right) \\
 T > T_L & C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)
 \end{array}$$

**Donde:**

T = Periodo fundamental de la estructura

TP = Período que define la plataforma del factor C

TL = Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante

El periodo fundamental de la estructura se puede calcular de distintas formas, una mediante el análisis estructural y otra de una manera empírica cuyo procedimiento se presenta en el numeral 4.5.4 de la NTP E.030.

Para tener una idea del periodo fundamental se efectuará el siguiente calculo:

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{3.5 + 14 * 3}{45} = 1.01 \text{ s}$$

El doctor Genner Villareal recomienda también una forma muy práctica de saber el valor del primer modo fundamental de vibración, él dice que T es



aproximadamente el 10% del número de niveles para un material predominante de concreto armado ( $\xi = 5\%$ ).

Estos resultados solo son referenciales, los cuales brindan una idea de cuanto es el periodo fundamental de vibración de la estructura, y un este proyecto se utilizará en manera de verificación. El cálculo del factor C se efectuará con el resultado que se obtenga del análisis estructural en el software SAP2000.

Los periodos fundamentales de vibración resultante en el análisis estructural se muestran en la siguiente figura, se puede observar que los periodos son muy parecidos por el mismo hecho de que la estructura es completamente simétrica, luego tomará el periodo del primer modo de vibración.

Tabla 8: *Periodos y frecuencias de vibración*

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.792262	0.557954199	3.505729628	12.29014022
MODAL	Mode	2	1.69763	0.589056624	3.701151922	13.69852555
MODAL	Mode	3	1.370177	0.729832539	4.585673085	21.02839764
MODAL	Mode	4	0.56377	1.773774462	11.14495364	124.2099916
MODAL	Mode	5	0.557454	1.793871477	11.27122691	127.040556
MODAL	Mode	6	0.556841	1.795844375	11.28362299	127.3201477
MODAL	Mode	7	0.55679	1.796007858	11.28465019	127.3433298
MODAL	Mode	8	0.556704	1.796286291	11.28639963	127.3828166
MODAL	Mode	9	0.556539	1.796819422	11.28974939	127.4584414
MODAL	Mode	10	0.556519	1.796885007	11.29016147	127.4677461
MODAL	Mode	11	0.556198	1.797920934	11.29667039	127.614762
MODAL	Mode	12	0.556169	1.798014534	11.2972585	127.6280496
MODAL	Mode	13	0.555977	1.798634627	11.30115466	127.7160967
MODAL	Mode	14	0.555957	1.798700206	11.3015667	127.7254099
MODAL	Mode	15	0.555935	1.798771403	11.30201405	127.7355216
MODAL	Mode	16	0.555877	1.798959493	11.30319585	127.7622365
MODAL	Mode	17	0.555516	1.800127684	11.31053582	127.9282204
MODAL	Mode	18	0.555367	1.800611013	11.31357266	127.9969263
MODAL	Mode	19	0.554963	1.801923469	11.32181906	128.1835869
MODAL	Mode	20	0.554942	1.801990521	11.32224037	128.1931269
MODAL	Mode	21	0.554634	1.802991113	11.32852727	128.3355301
MODAL	Mode	22	0.55461	1.803067665	11.32900826	128.3464282

MODAL	Mode	23	0.554463	1.803548424	11.33202896	128.4148804
MODAL	Mode	24	0.554438	1.803628692	11.3325333	128.4263109
MODAL	Mode	25	0.554376	1.80383105	11.33380475	128.4551301
MODAL	Mode	26	0.554346	1.803927868	11.33441307	128.4689197
MODAL	Mode	27	0.553774	1.805791393	11.34612195	128.7344833
MODAL	Mode	28	0.553744	1.80588767	11.34672687	128.7482107
MODAL	Mode	29	0.553426	1.806925974	11.35325073	128.8963022
MODAL	Mode	30	0.553397	1.807019654	11.35383934	128.9096677
MODAL	Mode	31	0.553136	1.807874046	11.35920764	129.0315983
MODAL	Mode	32	0.553076	1.808068958	11.36043231	129.0594223
MODAL	Mode	33	0.552494	1.809974466	11.37240497	129.3315948
MODAL	Mode	34	0.552443	1.81014284	11.3734629	129.3556583
MODAL	Mode	35	0.552131	1.811164767	11.37988385	129.5017565
MODAL	Mode	36	0.552086	1.811310727	11.38080095	129.5226302
MODAL	Mode	37	0.55058	1.816266126	11.41193664	130.2322978
MODAL	Mode	38	0.550559	1.816334842	11.41236839	130.2421523
MODAL	Mode	39	0.550422	1.816788864	11.4152211	130.3072727
MODAL	Mode	40	0.550399	1.816864804	11.41569824	130.3181663
MODAL	Mode	41	0.550347	1.81703498	11.41676749	130.3425799
MODAL	Mode	42	0.550322	1.817117583	11.4172865	130.3544311
MODAL	Mode	43	0.550219	1.817456777	11.41941772	130.4031011
MODAL	Mode	44	0.550195	1.817538786	11.41993299	130.4148696
MODAL	Mode	45	0.550158	1.81766065	11.42069869	130.4323586

Fuente: Elaboración propia

El periodo fundamental del primer modo es:

$$T_X = 1.792262 \text{ s}; T_Y = 1.69763 \text{ s}$$

$$\text{Como: } T_P < 1.792262 < T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$C_X = 2.5 * \left( \frac{0.60}{1.792262} \right) = 0.83693121 \text{ s}$$

$$C_Y = 2.5 * \left( \frac{0.60}{1.69763} \right) = 0.88358476$$

- **Coefficiente de reducción de reducción de fuerza sísmica: (Tablas 7, 8 y 9)**

$R_0 = 7 \rightarrow$  Sistema Dual

**Irregularidad en planta**

La estructura no presenta irregularidades en planta, por tanto:  $I_P = 1.0$

**Irregularidad en altura**

No hay Irregularidad en altura:  $I_a = 1.0$

Por tanto:  $R = R_0 * I_a * I_P = 7 * 1 * 1 \rightarrow R = 7$

Tabla 9: *Parámetros Sísmicos*

sísmicos DESCRIPCIÓN	FACTOR	VALOR
ZONA	Z	0.45
USO	U	1.00
SUELO	S	1.05
T <sub>P</sub>		0.60
T <sub>L</sub>		2.00
AMPLIFICACIÓN SÍSMICA	C <sub>X</sub>	0.83693121
	C <sub>Y</sub>	0.88358476
REDUCCIÓN SÍSMICA	R <sub>XY</sub>	7.00

Fuente: elaboración propia

Luego, el coeficiente sísmico en la dirección X es:

$$\frac{ZUCS}{R} = \mathbf{0.0564928565}$$

$$C/R \geq 0.11 \quad 0.12 \quad \mathbf{OK}$$

Luego, el coeficiente sísmico en la dirección Y es:

$$\frac{ZUCS}{R} = \mathbf{0.0596419714}$$

$$C/R \geq 0.11 \quad 0.12 \quad \mathbf{OK}$$

Cálculo de la fuerza cortante en la base - Norma E.030 - Numeral 4.5.3

$$F_i = \alpha_i * V \quad \alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=k}^n P_j(h_j)^k}$$

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot \sum P$$

Donde:

- Para T menor o igual a 0.5: k = 1.0
- Para T mayor que 0.5: k = (0.75+0.5 T) ≤ 2.0)

Cálculo de k para la dirección X:

$$T_X = 1.792262 \text{ s} \rightarrow \text{entonces } k = (0.75+0.5(1.7922)) \rightarrow k_X = \mathbf{1.6461}$$

$$T_Y = 1.69763 \text{ s} \rightarrow \text{entonces } k = (0.75+0.5(1.6976)) \rightarrow k_Y = \mathbf{1.5988}$$

Para calcular el peso sísmico se efectúa un metrado de cargas, considerando lo indicado en el numeral 4.2.2 de este documento, en el punto *fuerza sísmica*. Este peso sísmico se puede estimar por medio de la herramienta SAP2000. El mismo que servirá para efectuar el cálculo manual de las cortantes de entrepiso.

El peso por piso se calculó mediante un proceso regresivo que consiste en obtener el peso por piso para luego restar el peso del nivel superior con el inmediato inferior, comenzando del último nivel. Ver anexo 04 para visualizar los pesos por de cada nivel.

Tabla 10: Cálculo de cortantes de entrepiso estática en la dirección X

Piso	Pi (Ton)	hi (m)	Pi*(hi) <sup>k</sup> (Ton.m)	$\alpha^i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum P_i \cdot (h_i)^k}$	Fi (Ton)	Vi (Ton) (Acumulado-Fi)
Piso 15	990.50	45.50	4,271,114.80	0.10	101.80	101.80
Piso 14	1,030.62	42.50	4,285,989.27	0.10	102.15	203.95
Piso 13	1,030.62	39.50	4,012,415.49	0.09	95.63	299.59
Piso 12	1,030.62	36.50	3,738,841.70	0.09	89.11	388.70
Piso 11	1,030.62	33.50	3,465,267.92	0.08	82.59	471.29
Piso 10	1,072.27	30.50	3,406,809.01	0.08	81.20	552.49
Piso 9	1,072.27	27.50	3,114,796.33	0.07	74.24	626.73
Piso 8	1,072.27	24.50	2,822,784.18	0.07	67.28	694.01
Piso 7	1,072.27	21.50	2,530,772.02	0.06	60.32	754.33
Piso 6	1,072.27	18.50	2,238,760.55	0.05	53.36	807.69
Piso 5	1,196.27	15.50	2,330,991.40	0.05	55.56	863.24
Piso 4	1,196.27	12.50	1,981,345.42	0.05	47.22	910.47
Piso 3	1,196.27	9.50	1,631,693.98	0.04	38.89	949.36
Piso 2	1,196.27	6.50	1,282,047.03	0.03	30.56	979.91
Piso 1	1,416.31	3.50	1,231,142.65	0.03	29.34	<b>1,009.26</b>
Sótano	1,516.55	0.00	775,035.60	0.02	18.47	1,027.73
Base	<b>18,192.29</b>	-4.50	43,119,807.36	1.00	1,027.73	

Fuente: Propia

La cortante basal de la dirección X es:  $V_x = 1,027.73 \text{ Ton}$

En la siguiente figura se puede apreciar de manera gráfica y más visual la distribución de las fuerzas sísmicas y cortantes por piso de la estructura.

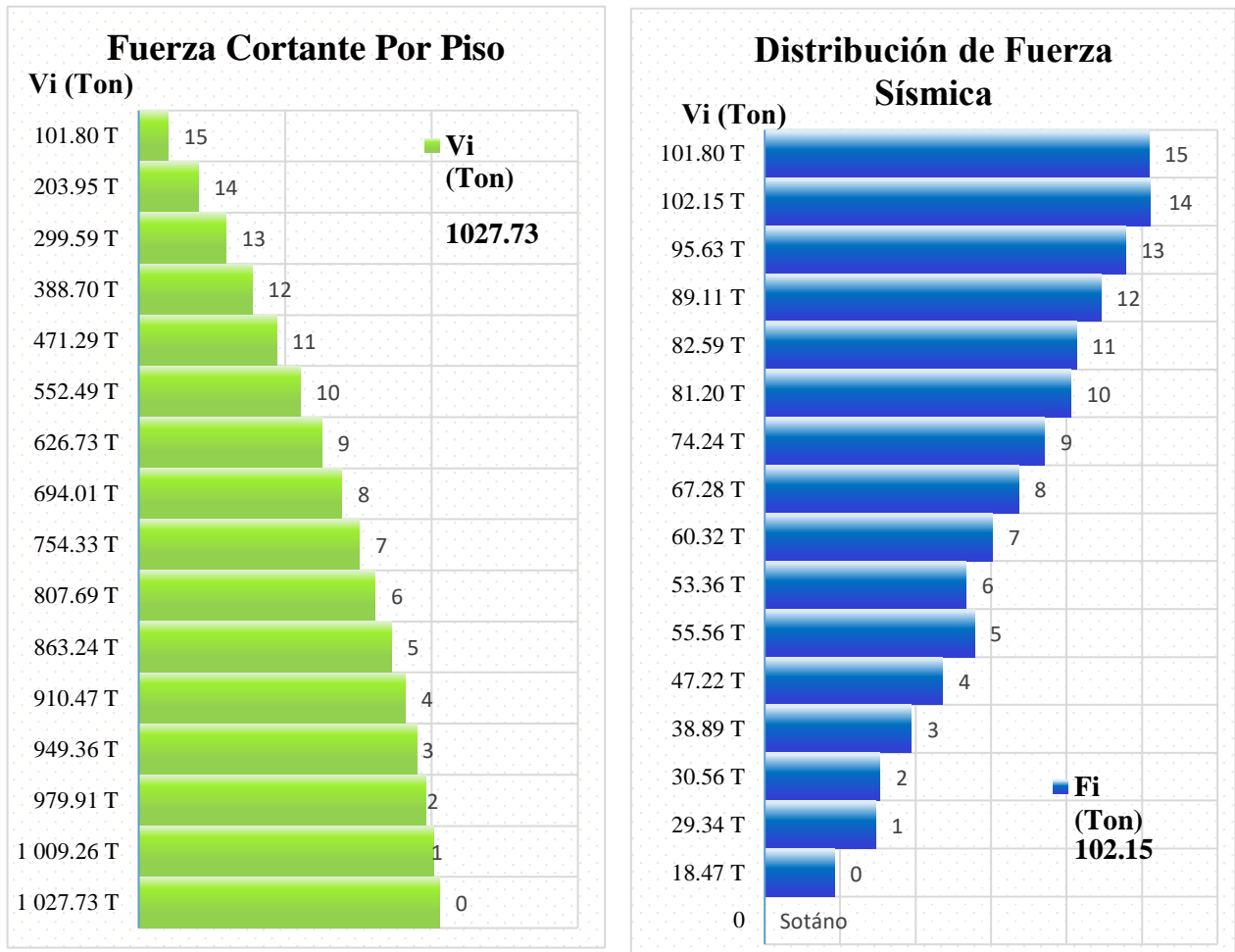


Figura 24: Cortantes de entrepiso y fuerza sísmica en X.

Fuente: Propia

Tabla 11: Calculo de cortantes de entrepiso en la dirección Y

Piso	Pi (Ton)	hi (m)	Pi*(hi) <sup>k</sup> (Ton.m)	$\alpha^i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum P_i \cdot (h_i)^k}$	Fi (Ton)	Vi (Ton) (Acumulado- Fi)
Piso 15	990.50	45.50	3,081,692.69	0.10	107.93	107.93
Piso 14	1,030.62	42.50	3,086,621.36	0.10	108.10	216.03
Piso 13	1,030.62	39.50	2,889,602.98	0.09	101.20	317.24
Piso 12	1,030.62	36.50	2,692,584.59	0.09	94.30	411.54
Piso 11	1,030.62	33.50	2,495,566.21	0.08	87.40	498.94
Piso 10	1,072.27	30.50	2,448,870.70	0.08	85.77	584.71
Piso 9	1,072.27	27.50	2,238,967.16	0.07	78.42	663.12
Piso 8	1,072.27	24.50	2,029,063.99	0.07	71.06	734.19

Piso 7	1,072.27	21.50	1,819,160.82	0.06	63.71	797.90
Piso 6	1,072.27	18.50	1,609,258.13	0.05	56.36	854.26
Piso 5	1,196.27	15.50	1,666,902.07	0.05	58.38	912.64
Piso 4	1,196.27	12.50	1,416,868.66	0.05	49.62	962.26
Piso 3	1,196.27	9.50	1,166,831.45	0.04	40.87	1,003.13
Piso 2	1,196.27	6.50	916,797.37	0.03	32.11	1,035.24
Piso 1	1,416.31	3.50	873,389.97	0.03	30.59	1,065.83
Sótano	1,516.55	0.00	548,044.94	0.02	19.19	1,085.02
Base	<b>18,192.29</b>	-4.50	30,980,223.08	1.00	1,085.02	

La cortante basal es:  $V_Y = 1,085.02$  Ton

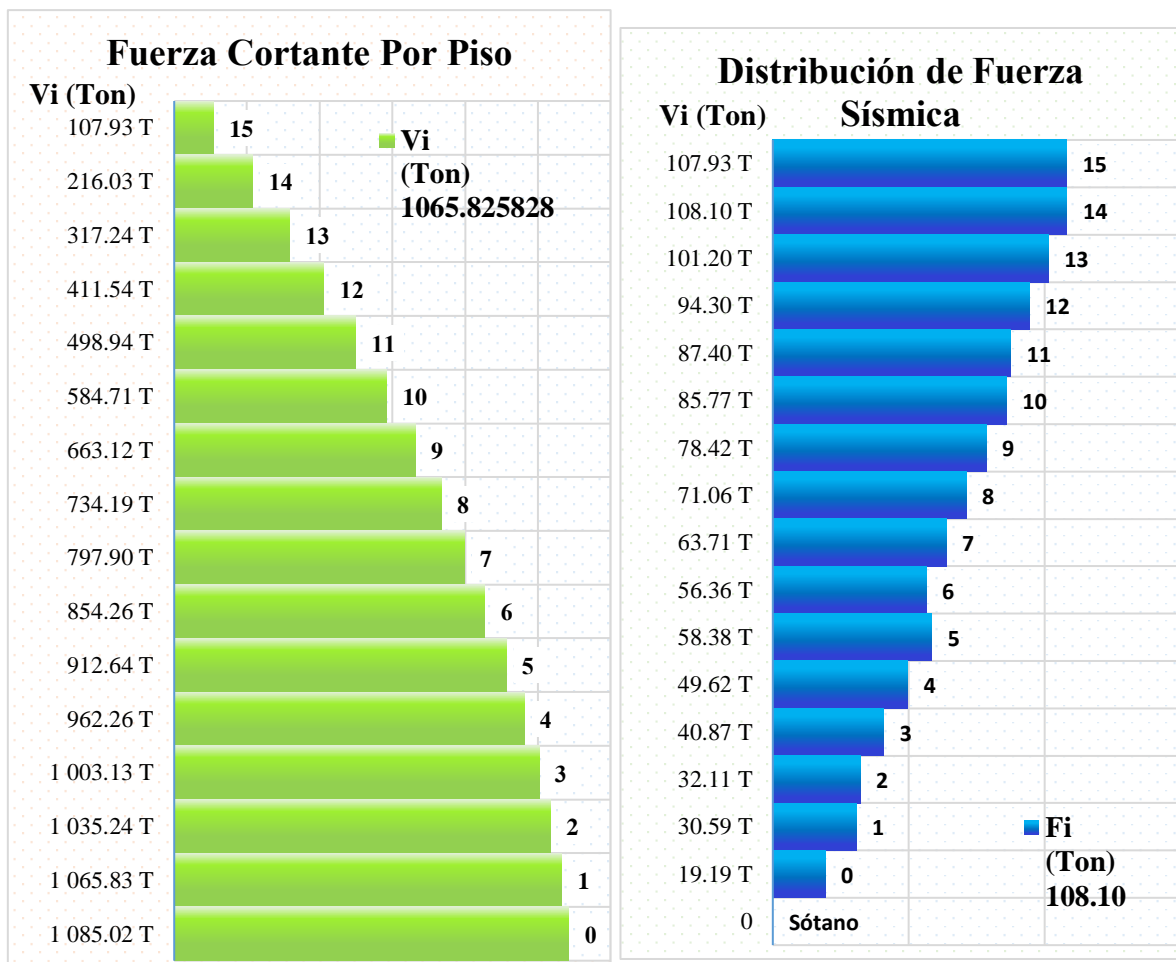


Figura 25: Cortantes de entrepiso y fuerza sísmica en Y.

Fuente: Propia

Las cortantes basales estáticas son:

$V_x =$	<b>1,027.73</b>	Tonf
$V_y =$	<b>1,085.02</b>	Tonf

En seguida se verifica las cortantes de base mediante el software SAP2000.

Tabla 12: Cortantes basales calculados

TABLE: Auto Seismic - User Coefficient							
	LoadPat	Dir	PercentEcc	C	K	WeightUsed	BaseShear
	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Tonf	Tonf
0	Sismo X	X	0.05	0.056493	1.646131	18192.2878	1027.7343
	Sismo Y	Y	0.05	0.059642	1.598815	18112.5371	1080.2674
1	Sismo X	X	0.05	0.056493	1.646131	16675.733	1023.098
	Sismo Y	Y	0.05	0.059642	1.598815	16675.733	1075.153

Fuente: Propia

Tabla 13: Fuerzas sísmica por piso en X – Y calculadas por SAP2000

TABLE: Auto Seismic Loads To Horizontal Diaphragms						
LoadPat	AutoLdType	Diaphragm	DiaphragmZ	FX	FY	FZ
Text	Text	Text	m	Tonf	Tonf	Tonf
Sismo X	USER COEFF	Nivel 15	45.5	122.2636	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 14	42.5	123.7106	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 13	39.5	110.8854	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 12	36.5	98.7164	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 11	33.5	87.1097	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 10	30.5	78.686	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 09	27.5	68.414	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 08	24.5	58.1795	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 07	21.5	48.6074	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 06	18.5	39.724	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 05	15.5	35.0256	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 04	12.5	27.0158	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 03	9.5	19.6252	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 02	6.5	13.1949	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 01	3.5	8.7667	0	0
Sismo X	USER COEFF	Nivel 00	0	4.5307	0	0

Sismo Y	USER COEFF	Nivel 15	45.5	0	126.2846	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 14	42.5	0	128.1538	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 13	39.5	0	115.227	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 12	36.5	0	102.9249	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 11	33.5	0	91.1506	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 10	30.5	0	82.657	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 09	27.5	0	72.1721	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 08	24.5	0	61.6619	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 07	21.5	0	51.7837	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 06	18.5	0	42.5661	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 05	15.5	0	37.7805	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 04	12.5	0	29.3656	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 03	9.5	0	21.5291	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 02	6.5	0	14.6411	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 01	3.5	0	9.8752	0
Sismo Y	USER COEFF	Nivel 00	0	0	4.9907	0

Fuente: Propia

Al observar el cálculo manual mostrado en las figuras 24 y 25 al compararlos con los resultados obtenidos por el análisis sísmico estático realizado en el software, los mismos que se muestran en las tablas 12 y 13, son muy parecidos, por tanto, se concluye que el cálculo efectuado está correcto. Por consiguiente, se procede a calcular la fuerza cortante sísmica dinámica en la base.

## II. Análisis Dinámico:

El objetivo principal de realizar el presente análisis sísmico, al igual que el análisis estático, es obtener los datos necesarios que permitan cumplir los requisitos estipulados en el numeral 3.9 de la NTP E.030 (Mínima fuerza cortante y máxima distorsión de entrepiso permisible) en concordancia con los numerales 4.6.4 y 5.2 de nuestra NTP E.030.

Esta tipología de análisis sísmico también se llama, análisis sísmico modal espectral, el mismo que se calcula mediante un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por  $S_a=(ZUCS/R)*g$ . Dicho espectro, es una relación entre



el **Periodo (T)** de vibración y el factor **(ZUCS/R)\*g**, contiene factores sísmicos que corresponden a la estructura en análisis, Espectro de diseño según norma E.030: Se calcula con la expresión

Tabla 14: *Espectro de Pseudo Aceleraciones según X – Y E.030 2018*

T	ZUCS/R	T	ZUCS/R	T	ZUCS/R
0	1.655	1.6	0.621	6.5	0.047
0.01	1.655	1.7	0.584	6.8	0.043
0.04	1.655	1.8	0.552	7.1	0.039
0.07	1.655	1.9	0.523	7.4	0.036
0.1	1.655	2	0.496	7.7	0.033
0.2	1.655	2.3	0.375	8	0.031
0.3	1.655	2.6	0.294	8.3	0.029
0.4	1.655	2.9	0.236	8.6	0.027
0.5	1.655	3.2	0.194	8.9	0.025
0.6	1.655	3.5	0.162	9.2	0.023
0.7	1.418	3.8	0.138	9.5	0.022
0.8	1.241	4.1	0.118	9.8	0.021
0.9	1.103	4.4	0.103	10.1	0.019
1	0.993	4.7	0.090	10.4	0.018
1.1	0.903	5	0.079	10.7	0.017
1.2	0.827	5.3	0.071	11	0.016
1.3	0.764	5.6	0.063	11.3	0.016
1.4	0.709	5.9	0.057	11.6	0.015
1.5	0.662	6.2	0.052	11.9	0.014
				12	0.014

Fuente: Propia

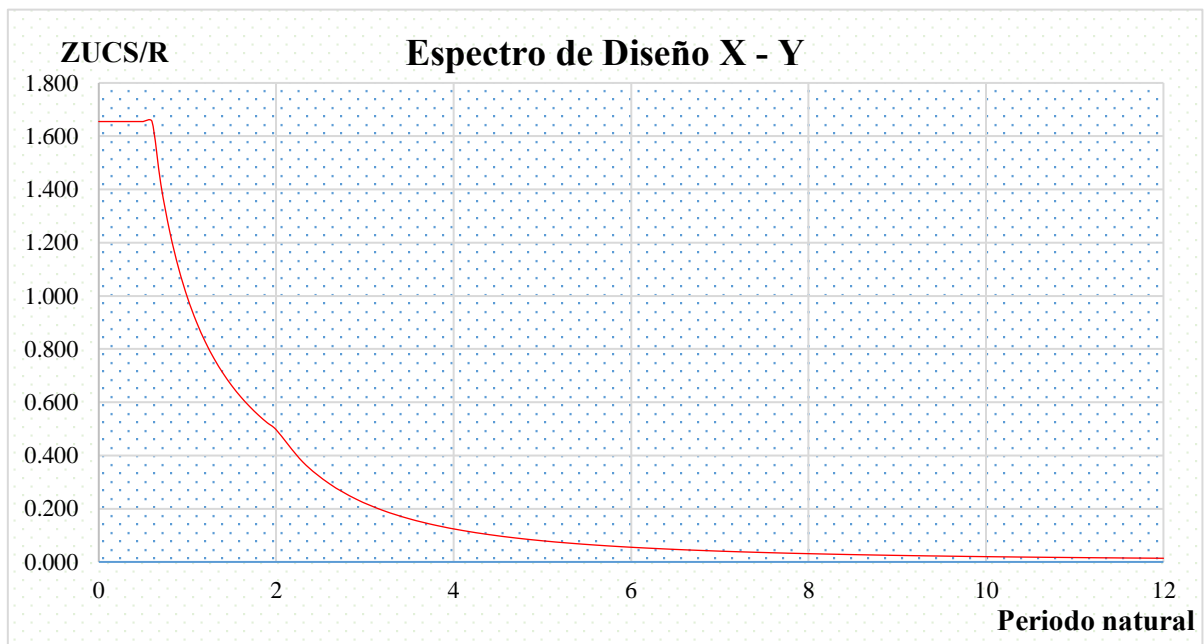


Figura 26: Espectro de Pseudo aceleraciones X - Y

Fuente: Propia

Introduciendo los datos al software se tiene las cortantes dinámicas:

Tabla 15: *Fuerzas cortantes dinámicas en la base*

TABLE: Auto Seismic - User Coefficient		
	LoadPat	BaseShear
	Text	Tonf
1	Sismo Dinámico X	1,193.38
	Sismo Dinámico Y	871.46

Fuente: Elaboración propia

La norma E.030 en el numeral 4.6.4 establece una relación entre las cortantes estáticas y dinámicas en la base, en donde que la cortante dinámica para un sistema estructural regular, tiene que ser mayor o igual al 80% de la cortante estática y para un sistema irregular, 90%.

Tabla 16: *Cortantes de base*

Cortante dinámica X en la base =	1,193.38 Ton	<b>Fuerza Cortante Mínima</b>		
Cortante dinámica Y en la base =	871.46 Ton	Estructura	Regular	Ton
Cortante estática X en la base =	1,023.10 Ton	$V_{MIN} X =$	818.48 Ton	< 1,193.38 <b>Ok</b>
Cortante estática Y en la base =	1,075.15 Ton	$V_{MIN} Y =$	860.12 Ton	< 871.46 <b>Ok</b>

Fuente: Propia

Estas cortantes afectan a la estructura generando derivas de entrepiso tales que se deben comparar con la norma y con lo que establece el comité VISION 2000 en cuanto a las derivas máximas de acuerdo a los niveles de desempeño.

En relación a las tablas 02 y 03, para edificaciones de concreto armado para pisos mayores a 8 metros para una intensidad de daño moderado (que viene a ser el de seguridad de vida) la deriva o distorsión máxima es de 0.0043, mientras lo que establece la norma de diseño sismorresistente E.030 es de 0.007 para estructuras de concreto armado.

### 4.3.2 Máxima distorsión de entrepiso permisible (Numeral: 5.1 y 5.2 – E.030)

En las figuras 27 y 28 se muestran los máximos desplazamientos en el techo de la edificación, debido a la incidencia de las solicitaciones del análisis estático, luego en las figuras 29 y 30 se muestran los desplazamientos del análisis dinámico. El desplazamiento se tomará de un punto de control.

(Desplazamiento inelástico =  $0.75 \cdot R \cdot \text{Desplazamiento elástico}$ )

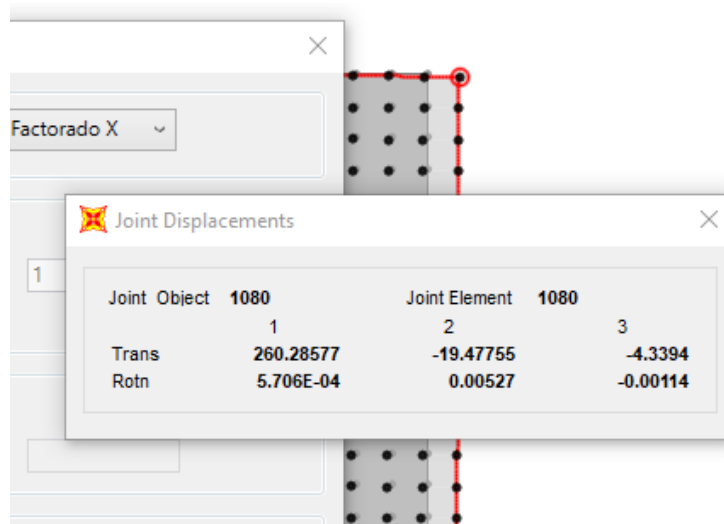


Figura 27: Desplazamiento de techo en mm de la estructura patrón en X por Sismo estático

Fuente: Propia

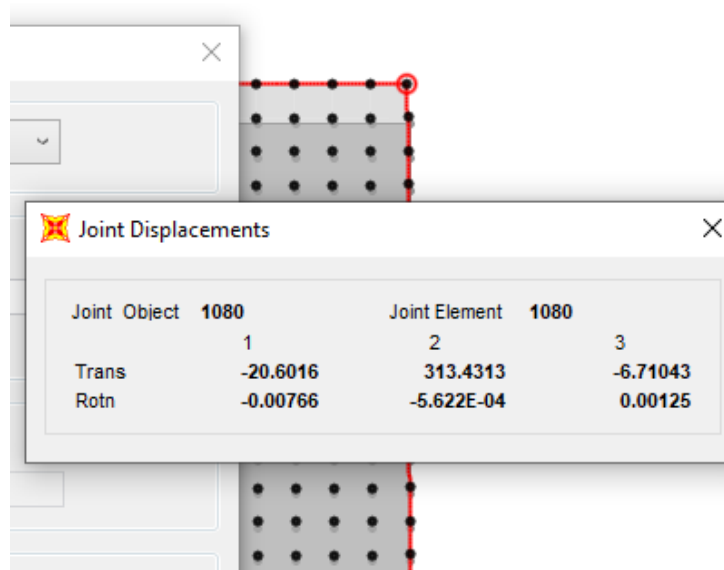


Figura 28: Desplazamiento de techo en mm de la estructura patrón en Y por Sismo estático

Fuente: Propia

En las siguientes figuras se muestran los desplazamientos del techo por la incidencia del espectro sísmico:

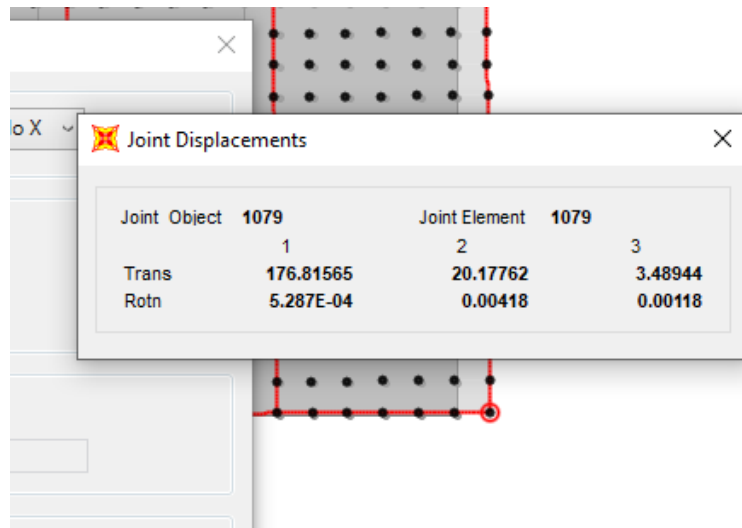


Figura 29: Desplazamiento de techo en mm de la estructura patrón en X por Sismo dinámico

Fuente: Propia

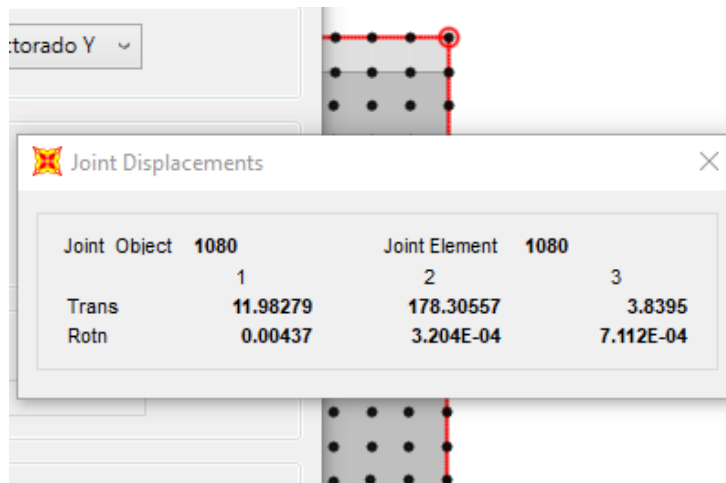


Figura 30: Desplazamiento de techo en mm de la estructura patrón en Y por Sismo dinámico

Fuente: Propia

En las figuras 27, 28, 29 y 30 se puede apreciar que los desplazamientos máximos se dan en el análisis dinámico modal espectral, por lo cual, se procederá a extraer los respectivos datos, a fin de verificar lo establecido en el numeral 3.9 de nuestra NTP E.030.

En las figuras 31 – 34 y en las tablas 17 – 22 se detallan los resultados de los

desplazamientos y las derivas resultantes del análisis sísmico estático y dinámico.

### Control de derivas de entrepiso

De acuerdo a las *tablas 02 y 03* de este documento, para edificaciones de concreto armado cuya sumatoria de la altura de entrepiso supere los 8 metros; para una intensidad de daño moderado (que viene a ser el de seguridad de vida) la deriva o distorsión máxima es de 0.0043, mientras lo que establece la norma es de 0.007.

El cálculo de los desplazamientos dinámicos, se efectuarán según el numeral 5.1 de la NTP E.030. En las figuras 31 y 32 se muestran los desplazamientos de la estructura en para cada dirección según su primer modo fundamental.

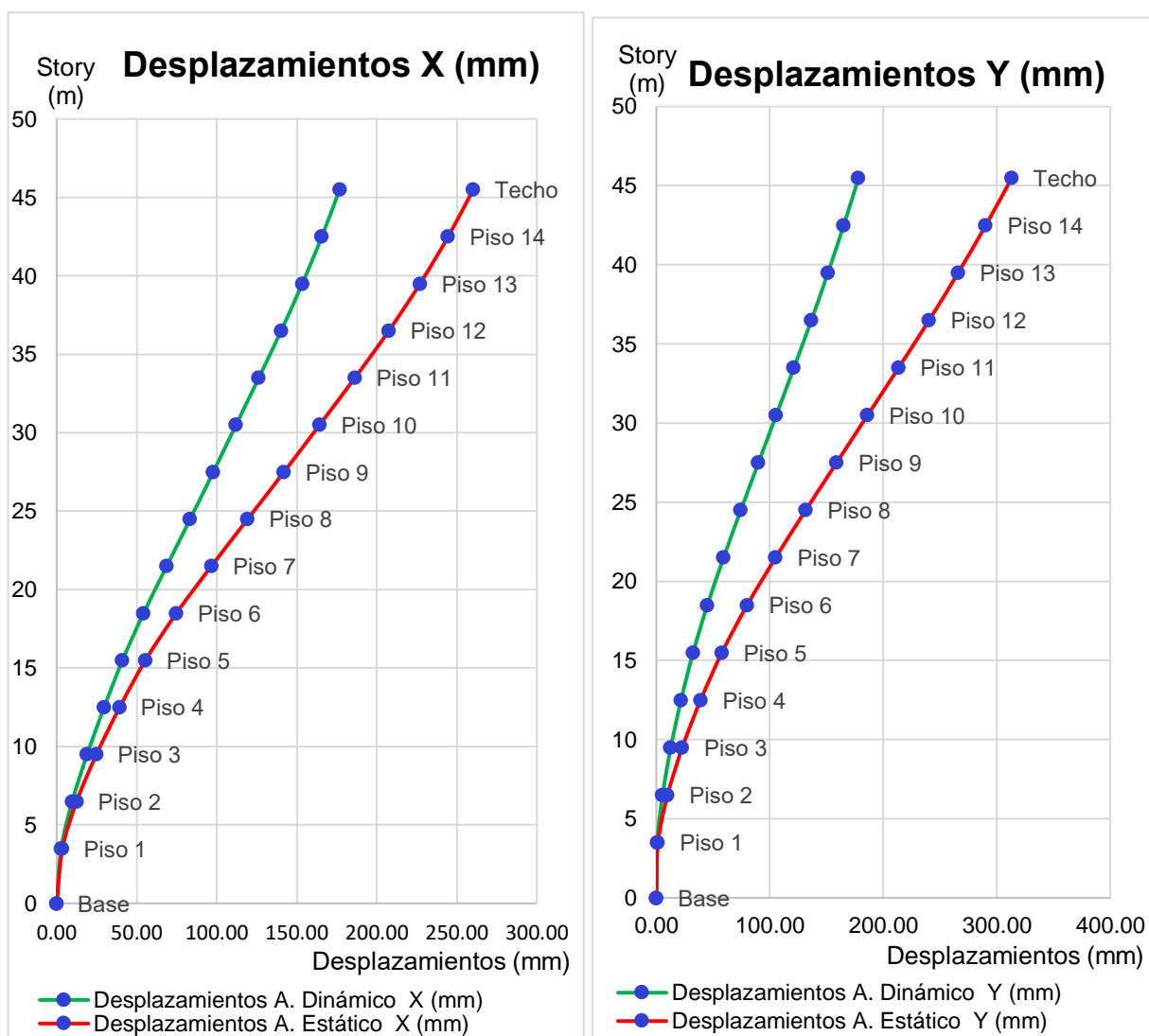


Figura 31: Desplazamientos en X del A. Dinámico y A. Estático

Figura 32: Desplazamientos en Y del A. Dinámico y A. Estático

Fuente: Propia

Tabla 17: *Cálculo de derivas inelásticas – A. Dinámico X*

	Altura (m)	Desplazamientos A. Dinámico X (mm)	Desplazamientos por piso (mm)	derivas inelásticas
Techo	45.5	176.82	11.14	0.00401
Piso 14	42.5	165.68	12.22	0.00440
Piso 13	39.5	153.46	13.19	0.00475
Piso 12	36.5	140.27	13.97	0.00503
Piso 11	33.5	126.30	14.24	0.00513
Piso 10	30.5	112.06	14.16	0.00510
Piso 9	27.5	97.90	14.47	0.00521
Piso 8	24.5	83.43	14.65	0.00527
Piso 7	21.5	68.78	14.46	0.00521
Piso 6	18.5	54.32	13.18	0.00474
Piso 5	15.5	41.14	11.46	0.00413
Piso 4	12.5	29.68	10.63	0.00383
Piso 3	9.5	19.05	9.35	0.00336
Piso 2	6.5	9.70	6.86	0.00247
Piso 1	3.5	2.84	2.84	0.00088
Base	0	0.00		0.00000

Fuente: Propia

Tabla 18: *Cálculo de derivas inelásticas – A. Estático X*

	Altura (m)	Desplazamientos A. Dinámico X (mm)	Desplazamientos por piso (mm)	derivas inelásticas
Techo	45.5	260.29	15.69	0.00575
Piso 14	42.5	244.60	17.57	0.00644
Piso 13	39.5	227.03	19.47	0.00714
Piso 12	36.5	207.56	21.20	0.00777
Piso 11	33.5	186.36	22.08	0.00810
Piso 10	30.5	164.28	22.20	0.00814
Piso 9	27.5	142.08	22.70	0.00832
Piso 8	24.5	119.38	22.66	0.00831
Piso 7	21.5	96.72	21.87	0.00802
Piso 6	18.5	74.85	19.34	0.00709
Piso 5	15.5	55.51	16.15	0.00592
Piso 4	12.5	39.36	14.48	0.00531
Piso 3	9.5	24.88	12.38	0.00454
Piso 2	6.5	12.50	8.89	0.00326
Piso 1	3.5	3.61	3.61	0.00114
Base	0	0.00		0.00000

Fuente: Propia

Tabla 19: Comparación de derivas en X A. S. Estático y A. S. Dinámico

Nivel	Desp. Lateral - Sismo Dinámico		Desp. Lateral - Sismo Estático		Deriva Límite
	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	
Techo	0.00178	0.00401	0.00256	0.00575	0.007
Piso 14	0.00196	0.00440	0.00286	0.00644	0.007
Piso 13	0.00211	0.00475	0.00317	0.00714	0.007
Piso 12	0.00224	0.00503	0.00345	0.00777	0.007
Piso 11	0.00228	0.00513	0.00360	0.00810	0.007
Piso 10	0.00227	0.00510	0.00362	0.00814	0.007
Piso 9	0.00232	0.00521	0.00370	0.00832	0.007
Piso 8	0.00234	0.00527	0.00369	0.00831	0.007
Piso 7	0.00231	0.00521	0.00356	0.00802	0.007
Piso 6	0.00211	0.00474	0.00315	0.00709	0.007
Piso 5	0.00183	0.00413	0.00263	0.00592	0.007
Piso 4	0.00170	0.00383	0.00236	0.00531	0.007
Piso 3	0.00150	0.00336	0.00202	0.00454	0.007
Piso 2	0.00110	0.00247	0.00145	0.00326	0.007
Piso 1	0.00039	0.00088	0.00050	0.00114	0.007
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007

Fuente: Propia

Máxima deriva en X  
**0.005274**

**Piso 8**

Máxima deriva en Y  
**0.008322233**

**Piso 9**

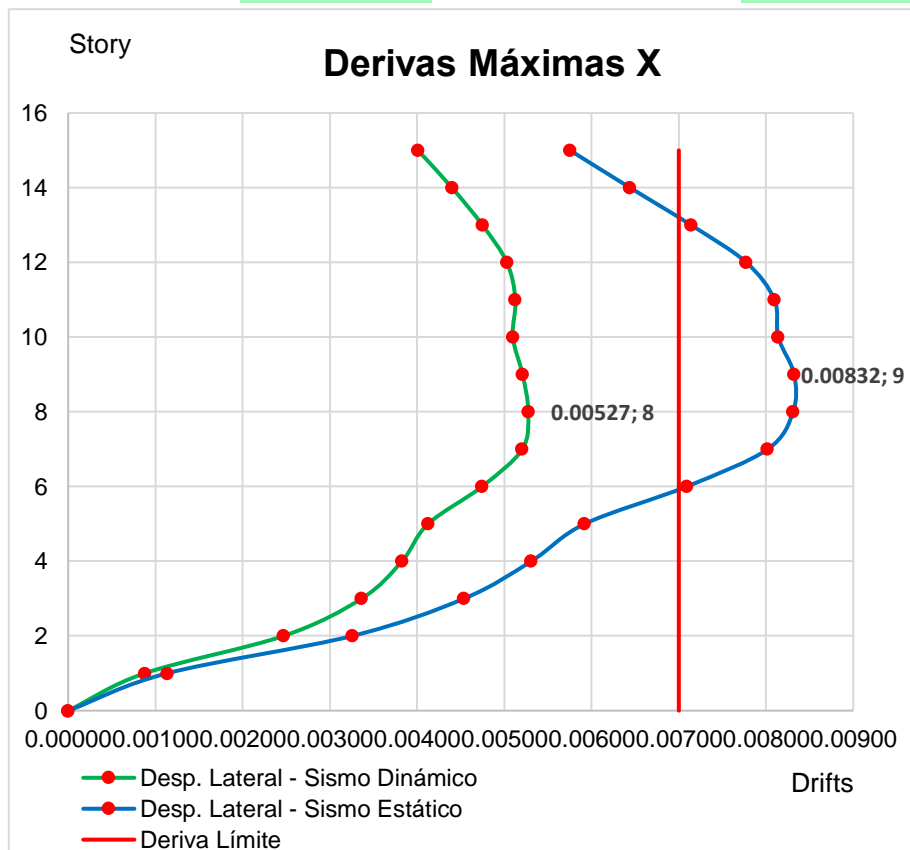


Figura 33: Derivas máximas X modelo patrón

Fuente: Propia

Tabla 20: Cálculo de derivas inelásticas – A. Dinámico Y

	Altura (m)	Desplazamientos A. Dinámico Y (mm)	desplazamientos por piso (mm)	derivas inelásticas
Techo	45.5	178.31	13.13	0.00407
Piso 14	42.5	165.18	13.86	0.00430
Piso 13	39.5	151.32	14.66	0.00454
Piso 12	36.5	136.66	15.33	0.00475
Piso 11	33.5	121.33	15.66	0.00485
Piso 10	30.5	105.68	15.61	0.00484
Piso 9	27.5	90.06	15.56	0.00482
Piso 8	24.5	74.50	15.16	0.00470
Piso 7	21.5	59.34	14.29	0.00443
Piso 6	18.5	45.05	12.61	0.00391
Piso 5	15.5	32.44	10.62	0.00329
Piso 4	12.5	21.82	9.07	0.00281
Piso 3	9.5	12.75	7.24	0.00224
Piso 2	6.5	5.51	4.69	0.00145
Piso 1	3.5	0.83	0.83	0.00022
Base	0	0		0.00000

Fuente: Propia

Tabla 21: Cálculo de derivas inelásticas – A. Estático Y

	Altura (m)	Desplazamientos A. Estático Y (mm)	desplazamientos por piso (mm)	derivas inelásticas
Techo	45.5	313.43	23.00	0.00705
Piso 14	42.5	290.43	24.31	0.00745
Piso 13	39.5	266.12	25.66	0.00787
Piso 12	36.5	240.46	26.83	0.00823
Piso 11	33.5	213.63	27.37	0.00839
Piso 10	30.5	186.26	27.29	0.00837
Piso 9	27.5	158.97	27.22	0.00835
Piso 8	24.5	131.75	26.56	0.00814
Piso 7	21.5	105.19	25.09	0.00770
Piso 6	18.5	80.10	22.22	0.00682
Piso 5	15.5	57.87	18.81	0.00577
Piso 4	12.5	39.07	16.15	0.00495
Piso 3	9.5	22.91	12.96	0.00398
Piso 2	6.5	9.95	8.45	0.00259
Piso 1	3.5	1.50	1.50	0.00039
Base	0	0		0.00000

Fuente: Propia



Tabla 22: Comparación de derivas en Y A. S. Estático y A. S. Dinámico

Nivel	Desp. Lateral - Sismo Dinámico		Desp. Lateral - Sismo Estático		Deriva Límite
	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	
Techo	0.00181	0.00407	0.00314	0.00705	0.007
Piso 14	0.00191	0.00430	0.00331	0.00745	0.007
Piso 13	0.00202	0.00454	0.00350	0.00787	0.007
Piso 12	0.00211	0.00475	0.00366	0.00823	0.007
Piso 11	0.00216	0.00485	0.00373	0.00839	0.007
Piso 10	0.00215	0.00484	0.00372	0.00837	0.007
Piso 9	0.00214	0.00482	0.00371	0.00835	0.007
Piso 8	0.00209	0.00470	0.00362	0.00814	0.007
Piso 7	0.00197	0.00443	0.00342	0.00770	0.007
Piso 6	0.00174	0.00391	0.00303	0.00682	0.007
Piso 5	0.00146	0.00329	0.00256	0.00577	0.007
Piso 4	0.00125	0.00281	0.00220	0.00495	0.007
Piso 3	0.00100	0.00224	0.00177	0.00398	0.007
Piso 2	0.00065	0.00145	0.00115	0.00259	0.007
Piso 1	0.00010	0.00022	0.00018	0.00039	0.007
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007

Fuente: Propia

Máxima deriva en X  
0.00485305

Piso 11

Máxima deriva en Y  
0.008392025

Piso 11

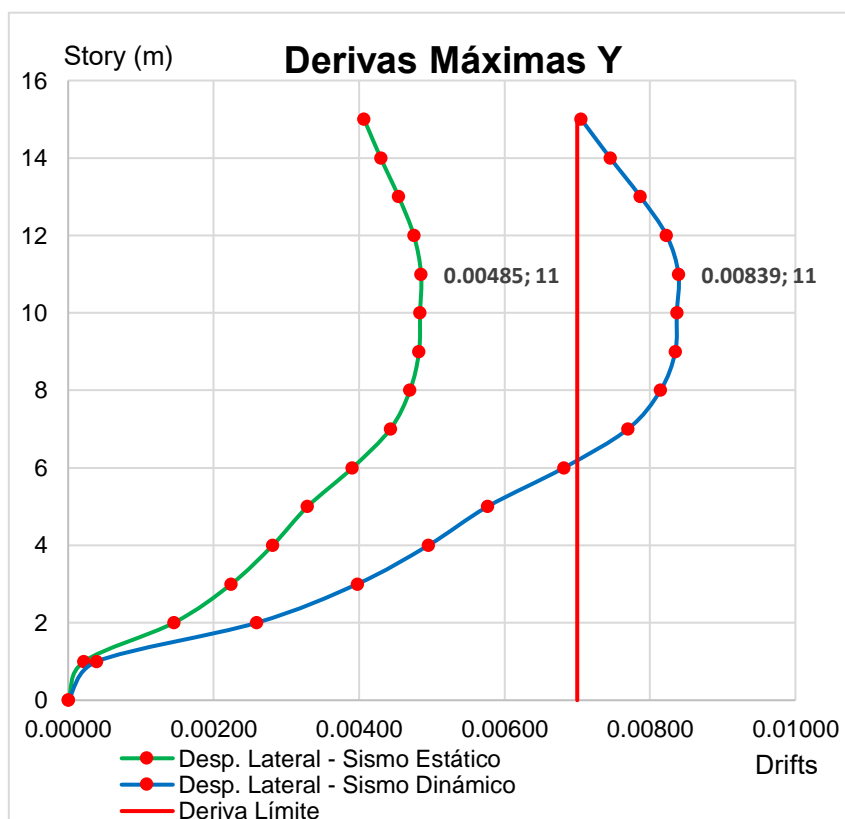


Figura 34: Derivas máximas Y modelo patrón

Fuente: Propia

Ya obtenido estos resultados, se procede con el cálculo de las propiedades inherentes de los disipadores, estos parámetros serán calculados con los resultados del análisis más desfavorable, que como se puede observar en las tablas 19 y 22 y las figuras 33 y 34, las derivas máximas se presentan en el análisis sísmico estático.

#### 4.4 Cálculo de los parámetros inherente de los disipadores

De acuerdo con las ecuaciones 1.16 y 1.17 se calculan la capacidad necesaria resistente de disipador.

Las derivas máximas en **X** están en el **Nivel 9**

$$\beta_x = \frac{D_{máx_x}}{D_{objetivo}} = \frac{0.0083}{0.043} = 1.9354$$

$$\xi_{Dis} = \xi_0 \frac{1}{\beta_x} * e^{\frac{2.31}{0.41} * (\beta_x - 1)} - \xi_0 = 0.05 \frac{1}{1.9354} * e^{\frac{2.31}{0.41} * (1.9354 - 1)} - 0.05$$

$$\xi_{Dis} = 41.31 \%$$

Las derivas máximas en **Y** están en el **Nivel 11**

$$\beta_x = \frac{D_{máx_x}}{D_{objetivo}} = \frac{0.00839}{0.043} = 1.9516$$

$$\xi_{Dis} = \xi_0 \frac{1}{\beta_x} * e^{\frac{2.31}{0.41} * (\beta_x - 1)} - \xi_0 = 0.05 \frac{1}{1.9516} * e^{\frac{2.31}{0.41} * (1.9516 - 1)} - 0.05$$

$$\xi_{Dis} = 45.86 \%$$

Ahora se calcula el amortiguamiento del disipador con la ecuación **1.14**

$$C_{di} = \frac{2 \pi * A^{1-\alpha} * \omega_i^{2-\alpha} \sum (m_i * \phi_i^2)}{\lambda * \sum \phi_{ri}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_i} * \xi_{dis}$$

A: desplazamiento de techo

$$A = 260.29 \text{ mm en X}$$

$$A = 313.43 \text{ mm en Y}$$

Tabla 23:  $\omega$ : Frecuencia circular de vibración de la Tabla 08

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.792262	0.557954199	<b>3.505729628</b>	12.29014022
MODAL	Mode	2	1.69763	0.589056624	<b>3.701151922</b>	13.69852555

Fuente: propia

$$\omega_x = 2\pi / 1.792 = 3.50573 \text{ rad/seg}$$

$$\omega_y = 2\pi / 1.698 = 3.70115 \text{ rad/seg}$$

Tabla 24 Suma de desplazamiento absoluto en X – Y

Pi (Ton)	Desplazamientos por piso X (m)	Desplazamientos por piso Y (m)
990.50	0.13280	0.17547
1,030.62	0.12097	0.15651
1,030.62	0.10818	0.13728
1,030.62	0.09456	0.11791
1,030.62	0.08045	0.09874
1,072.27	0.06659	0.08039
1,072.27	0.05355	0.06338
1,072.27	0.04125	0.04782
1,072.27	0.03008	0.03412
1,072.27	0.02048	0.02267
1,196.27	0.01308	0.01392
1,196.27	0.00781	0.00772
1,196.27	0.00392	0.00347
1,196.27	0.00140	0.00099
1,416.31	0.00022	0.00006
1,516.55	0.00000	0.00000

Fuente: Propia

$$\phi_x = 0.775$$

$$\phi_y = 0.960$$

$$\phi_{ri_x} = 0.775$$

$$\phi_{ri_y} = 0.960$$

Tabla 25: Sumatoria de Masa por desplazamiento relativo por piso en X -Y

Pi (Ton)	desplazamientos por piso X (m)	desplazamientos por piso Y (m)	masa*Ø <sup>2</sup> (X)	Masa*Ø <sup>2</sup> (Y)
990.50	0.26029	0.31343	67.107	97.305
1,030.62	0.24460	0.29043	61.661	86.929
1,030.62	0.22703	0.26612	53.123	72.988
1,030.62	0.20756	0.24046	44.400	59.591
1,030.62	0.18636	0.21363	35.794	47.033
1,072.27	0.16428	0.18626	28.938	37.201
1,072.27	0.14208	0.15897	21.646	27.098
1,072.27	0.11938	0.13175	15.282	18.612
1,072.27	0.09672	0.10519	10.031	11.865
1,072.27	0.07485	0.08010	6.007	6.879
1,196.27	0.05551	0.05787	3.686	4.007
1,196.27	0.03936	0.03907	1.853	1.826
1,196.27	0.02488	0.02291	0.741	0.628
1,196.27	0.01250	0.00995	0.187	0.118
1,416.31	0.00361	0.00150	0.018	0.003
1,516.55	0.00000	0.00000	0.000	0.000

Fuente: Propia

$$M_x = 350.475 \quad M_y = 472.085$$

$$M_x * \varnothing^2 = 350.475 \text{ tonf-s}^2/\text{m}$$

$$M_y * \varnothing^2 = 472.085 \text{ tonf-s}^2/\text{m}$$

$$\alpha = 0.5$$

$\lambda$  = Según la tabla 01 es igual a **3.5** para un alfa de **0.5**

### Constante de amortiguación en X

$$C_{di_x} = \frac{2 \pi * 0.26029^{0.5} * 3.50573^{1.5} * 350.475}{3.5 * 0.775} * 41.31 \% = 1,123.100 \text{ ton} * \frac{\text{s}}{\text{m}}$$

### Constante de amortiguación en Y

$$C_{di_y} = \frac{2 \pi * 0.31343^{0.5} * 3.70115^{1.5} * 472.085}{3.5 * 0.960} * 45.86 \% = 1,613.876 \text{ ton} * \frac{\text{s}}{\text{m}}$$

Se colocará 02 disipadores en cada lado por piso en disposición diagonal, lo cual sería 04 disipadores por piso para cada dirección de análisis.

### Disposición diagonal

$$C_{dix} = 1,123.100 \text{ ton} * \frac{s}{m}$$

$$C_{dix} = 1,613.876 \text{ ton} * \frac{s}{m}$$

### Disposición chevron diagonal

$$C_{dix} = \frac{1,123.100}{2} \text{ ton} * \frac{s}{m} = 561.55 \text{ ton} * \frac{s}{m}$$

$$C_{dix} = \frac{1,613.876}{2} \text{ ton} * \frac{s}{m} = 806.938 \text{ ton} * \frac{s}{m}$$

Tabla 26: Resumen de constantes de amortiguamiento de los disipadores

Disposición de los disipadores	Constante de amortiguamiento X (Ton * s/m)	Constante de amortiguamiento X (Ton * s/m)
Diagonal	1124	1614
Chevron Diagonal	562	807

Fuente: Propia

### Cálculo de la rigidez del brazo metálico del disipador con la Ec 1.21

El cálculo de la rigidez de los disipadores se realizará para la longitud más desfavorable, que se encuentra en la dirección Y con 8.20m de longitud,

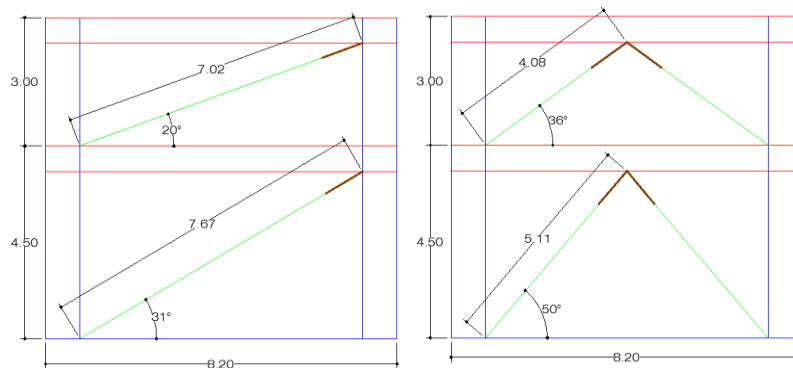


Figura 35: Esquemas de disposición de disipadores de fluido viscoso

Fuente: Propia

$$K = \frac{EA}{L}$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad del acero = 29,000 Ksi =  $20.39 \times 10^6$  t/m<sup>2</sup>

D<sub>DIS. DIAG</sub> = 0.15 m → A =  $17.6712 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>

D<sub>DIS. DIAG</sub> = 0.18 m → A =  $17.6712 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>

L<sub>DIAG</sub> = 7.67 m

L<sub>CHEV</sub> = 5.11 m

$$K_{Diag} = \frac{EA}{L} = \frac{20.39 \times 10^6 * 25.4469 \times 10^{-3}}{7.67} = 67,645.3 = 67,646 \text{ Tonf/m}$$

$$K_{Chev} = \frac{EA}{L} = \frac{20.39 \times 10^6 * 17.6712 \times 10^{-3}}{5.11} = 70,511.89 = 70,512 \text{ Tonf/m}$$

Los datos que se introducen en el programa para cada dirección son:

a) En disposición diagonal son:

En X:

- K = 67,646 Tonf/m
- C = 1,124 T/m
- α = 0.5

En Y:

- K = 67,646 Tonf/m
- C = 1,614 T/m
- α = 0.5

b) En disposición chevron diagonal son:

En X

- K = 70,512 Tonf/m
- C = 562 T/m
- α = 0.5

En Y:

- K = 70,512 Tonf/m
- C = 807 T/m
- α = 0.5

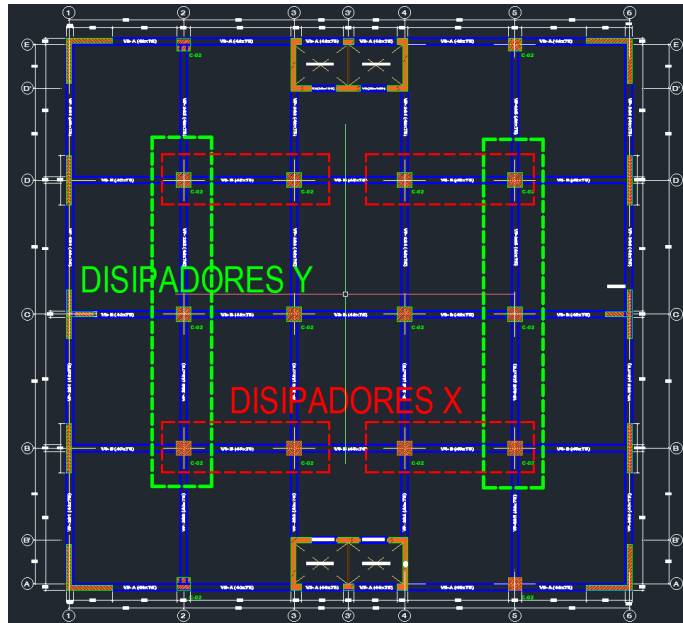


Figura 36: Ubicación en planta de los disipadores

Fuente: Propia

## 4.5 Incorporación de los disipadores en el modelo estructural

### a) Disposición diagonal

Se adiciona en el modelo las propiedades previamente calculadas

Link/Support Directional Properties	
<b>Identification</b>	
Property Name	Dis. Diagonal X
Direction	U1
Type	Damper - Exponential
NonLinear	Yes
<b>Properties Used For Linear Analysis Cases</b>	
Effective Stiffness	67646
Effective Damping	0.05
<b>Properties Used For Nonlinear Analysis Cases</b>	
Stiffness	67646
Damping Coefficient	1124
Damping Exponent	0.5

Figura 37: Propiedades del disipador en disposición diagonal en X

Link/Support Directional Properties	
<b>Identification</b>	
Property Name	Dis. Diagonal Y
Direction	U1
Type	Damper - Exponential
NonLinear	Yes
<b>Properties Used For Linear Analysis Cases</b>	
Effective Stiffness	67646
Effective Damping	0.05
<b>Properties Used For Nonlinear Analysis Cases</b>	
Stiffness	67646
Damping Coefficient	1614
Damping Exponent	0.5

Figura 38: Propiedades del disipador en disposición diagonal en Y

Fuente: Propia

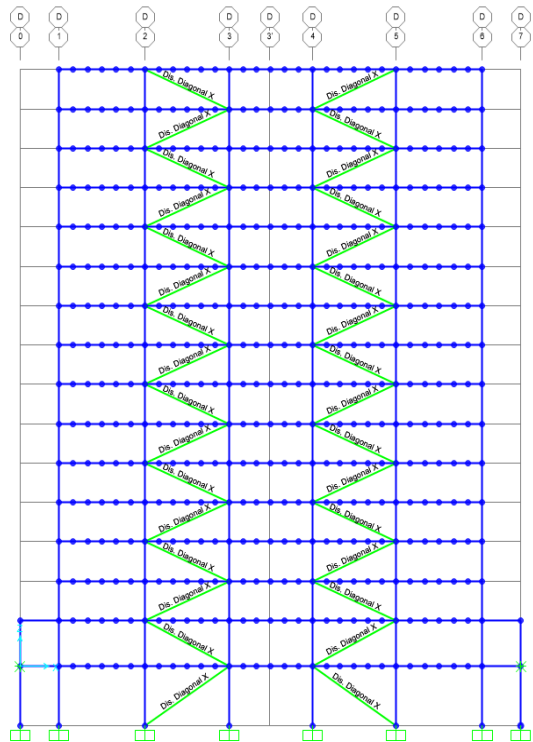


Figura 39: Disposición Diagonal en X

Fuente: Propia

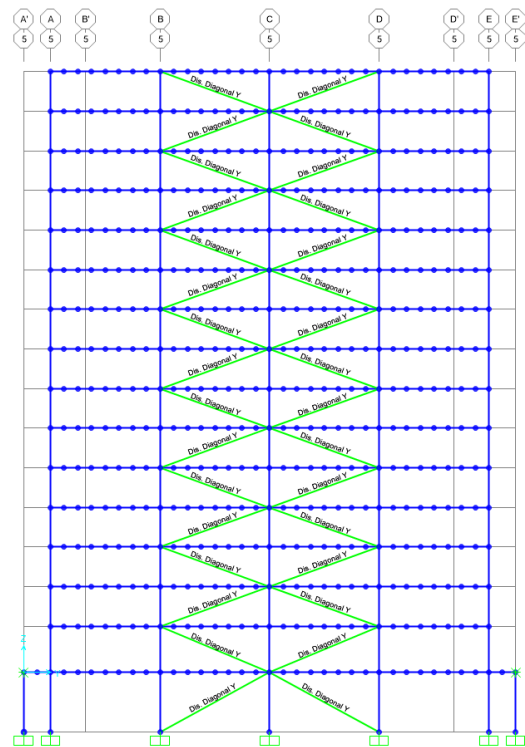


Figura 40: Disposición Diagonal en Y

Fuente: Propia



Una vez modelado los disipadores con sus respectivas propiedades en el programa, se procede a extraer los resultados.

**(Desplazamiento inelástico = 0.75\*R x Desplazamiento elástico)**

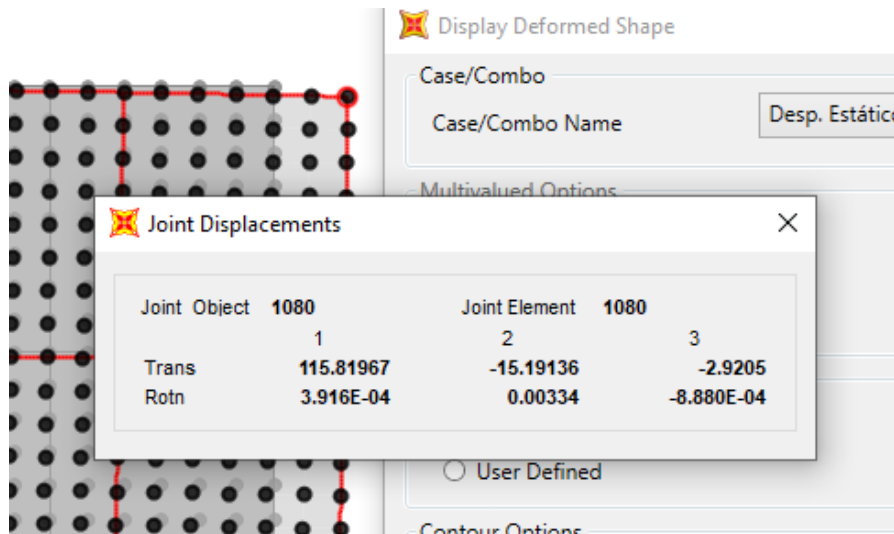


Figura 41: Desplazamiento en el techo en mm de la estructura con disipadores en **disposición diagonal en X** por Sismo estático

Fuente: Propia

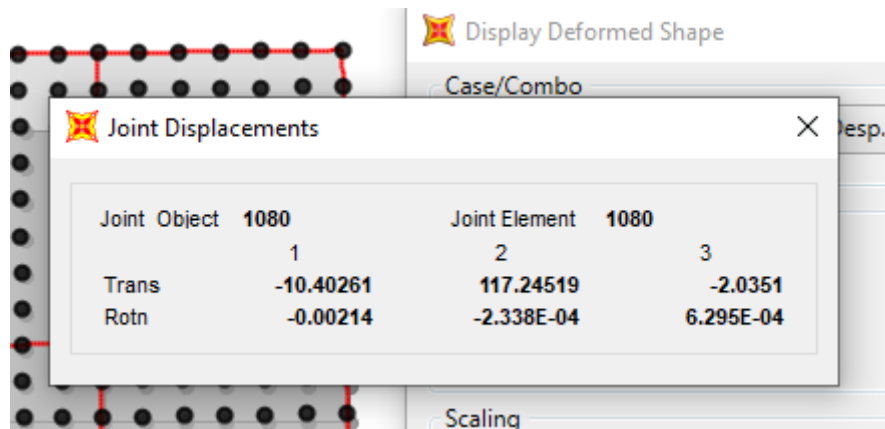
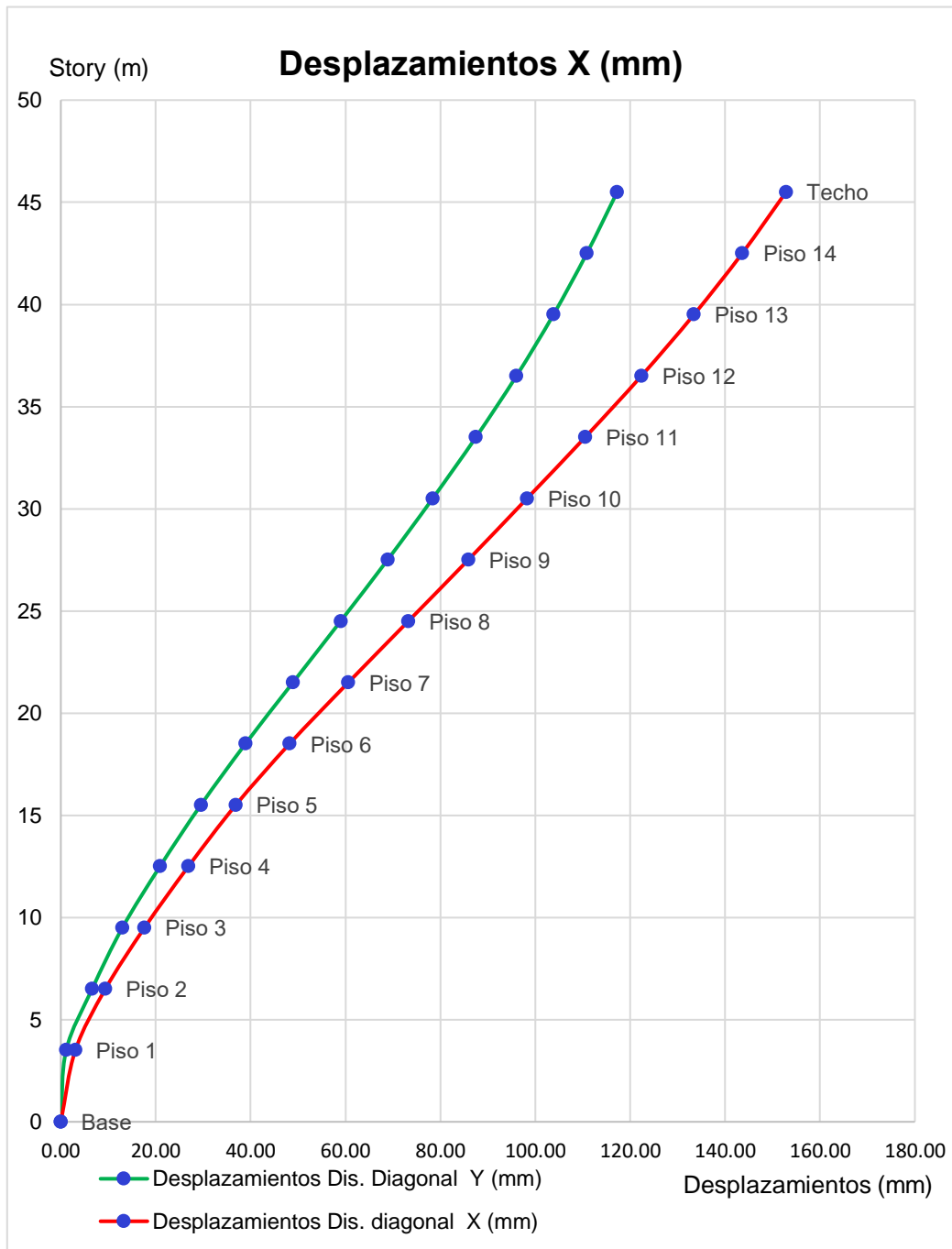


Figura 42: Desplazamiento de techo en mm de la estructura con disipadores en **disposición diagonal en Y** por Sismo estático

Fuente: Propia

En las figuras 41 y 42 se muestran los resultados de los desplazamientos reducidos con la incorporación de los disipadores en disposición diagonal. Observe claramente la reducción del desplazamiento de techo.

En las siguientes tablas y figuras puede visualizar de manera más didáctica.



**Figura 43:** Desplazamientos en mm de la estructura con disipadores en **disposición diagonal en X** por Sismo estático

Fuente: Propia

Tabla 27: *Derivas inelásticas en X – estructura con disipadores en disposición diagonal*

	Altura (m)	Desplazamientos A. Estático X (mm)	Desplazamientos por piso (mm)	Derivas Inelásticas
Techo	45.5	152.84	9.24	0.00302
Piso 14	42.5	143.60	10.18	0.00333
Piso 13	39.5	133.42	11.07	0.00362
Piso 12	36.5	122.35	11.85	0.00387
Piso 11	33.5	110.50	12.27	0.00401
Piso 10	30.5	98.23	12.37	0.00404
Piso 9	27.5	85.86	12.62	0.00412
Piso 8	24.5	73.24	12.65	0.00413
Piso 7	21.5	60.59	12.38	0.00404
Piso 6	18.5	48.21	11.35	0.00371
Piso 5	15.5	36.86	9.97	0.00326
Piso 4	12.5	26.89	9.25	0.00302
Piso 3	9.5	17.64	8.25	0.00270
Piso 2	6.5	9.39	6.33	0.00207
Piso 1	3.5	3.06	3.06	0.00086
Base	0	0.00		0.00000

Fuente: Propia

Tabla 28: *Derivas inelásticas en Y – estructura con disipadores en disposición diagonal*

	Altura (m)	Desplazamientos A. Dinámico Y (mm)	Desplazamientos por piso (mm)	Derivas Inelásticas
Techo	45.5	117.25	6.39	0.00222
Piso 14	42.5	110.86	7.04	0.00244
Piso 13	39.5	103.82	7.80	0.00270
Piso 12	36.5	96.02	8.54	0.00296
Piso 11	33.5	87.48	9.12	0.00316
Piso 10	30.5	78.36	9.50	0.00329
Piso 9	27.5	68.86	9.89	0.00343
Piso 8	24.5	58.97	10.05	0.00348
Piso 7	21.5	48.92	10.01	0.00347
Piso 6	18.5	38.91	9.41	0.00326
Piso 5	15.5	29.50	8.60	0.00298
Piso 4	12.5	20.90	7.92	0.00275
Piso 3	9.5	12.98	6.38	0.00221
Piso 2	6.5	6.60	5.48	0.00190
Piso 1	3.5	1.12	1.12	0.00033
Base	0	0.00		0.00000

Fuente: Propia

Tabla 29: Comparación de derivas en X – Y con disipadores en disposición diagonal

Nivel	Desp. Lateral - Y - Dis. Diagonal		Desp. Lateral - X - Dis. Diagonal		Deriva Límite	Deriva Límite HASUS
	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Elástica	Deriva Inelástica		
Techo	0.00098	0.00222	0.00134	0.00302	0.007	0.0043
Piso 14	0.00108	0.00244	0.00148	0.00333	0.007	0.0043
Piso 13	0.00120	0.00270	0.00161	0.00362	0.007	0.0043
Piso 12	0.00132	0.00296	0.00172	0.00387	0.007	0.0043
Piso 11	0.00141	0.00316	0.00178	0.00401	0.007	0.0043
Piso 10	0.00146	0.00329	0.00180	0.00404	0.007	0.0043
Piso 9	0.00152	0.00343	0.00183	0.00412	0.007	0.0043
Piso 8	0.00155	0.00348	0.00184	0.00413	0.007	0.0043
Piso 7	0.00154	0.00347	0.00180	0.00404	0.007	0.0043
Piso 6	0.00145	0.00326	0.00165	0.00371	0.007	0.0043
Piso 5	0.00133	0.00298	0.00145	0.00326	0.007	0.0043
Piso 4	0.00122	0.00275	0.00134	0.00302	0.007	0.0043
Piso 3	0.00098	0.00221	0.00120	0.00270	0.007	0.0043
Piso 2	0.00084	0.00190	0.00092	0.00207	0.007	0.0043
Piso 1	0.00015	0.00033	0.00038	0.00086	0.007	0.0043
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007	0.0043

Fuente: Propia

Máxima deriva en x

Máxima deriva en y

0.004333

Piso 11

0.003636

Piso 12

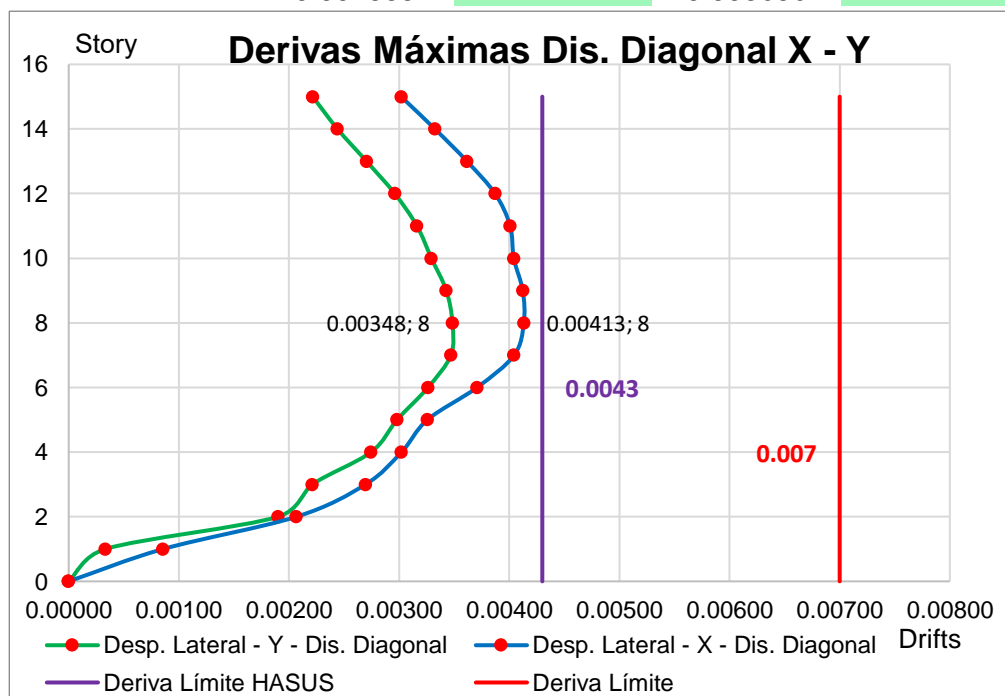


Figura 44: Derivas máximas en X – Y → Estructura con disipadores en disposición diagonal

Fuente: Propia

## b) Disposición Chevron

Adición en el modelo de las propiedades previamente calculadas

The dialog box 'Link/Support Directional Properties' is shown with the following settings:

- Property Name: Disp. Chevron X
- Direction: U1
- Type: Damper - Exponential
- NonLinear: Yes
- Properties Used For Linear Analysis Cases:
  - Effective Stiffness: 70512.
  - Effective Damping: 0.05
- Properties Used For Nonlinear Analysis Cases:
  - Stiffness: 70512.
  - Damping Coefficient: 562.
  - Damping Exponent: 0.5

Buttons: OK, Cancel

The dialog box 'Link/Support Directional Properties' is shown with the following settings:

- Property Name: Disp. Chevron Y
- Direction: U1
- Type: Damper - Exponential
- NonLinear: Yes
- Properties Used For Linear Analysis Cases:
  - Effective Stiffness: 70512.
  - Effective Damping: 0.05
- Properties Used For Nonlinear Analysis Cases:
  - Stiffness: 70512.
  - Damping Coefficient: 807.
  - Damping Exponent: 0.5

Buttons: OK, Cancel

Figura 45: Propiedades del disipador en disposición chevron diagonal en X

Figura 46: Propiedades del disipador en disposición chevron diagonal en Y

Fuente: Propia

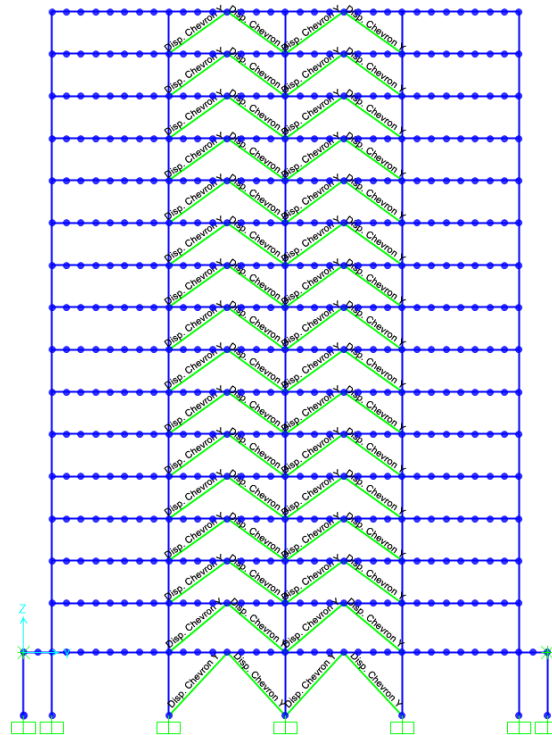


Figura 47: Disposición Chevron Diagonal en X

Fuente: Propia

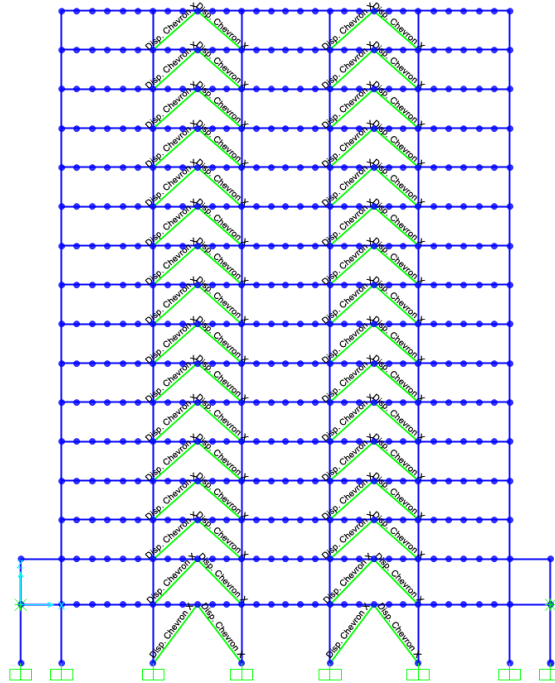


Figura 48: Disposición Chevron Diagonal en X

Fuente: Propia

Después de haber modelado los disipadores en el software, se procede a extraer los resultados de los desplazamientos de techo, luego se presentará la data completa en tablas y gráficos.

Joint Object	1080			Joint Element	1080		
	1	2	3		1	2	3
Trans	0.1425	-0.00851	-0.00233				
Rotn	2.054E-04	0.00299	-4.985E-04				

Figura 49: Desplazamiento en el techo en mm de la estructura con disipadores en **disposición chevron diagonal en X** por Sismo estático *Propiedades*

Fuente: Propia

Joint Object	1080			Joint Element	1080		
	1	2	3		1	2	3
Trans	-0.009	0.09842	-0.00174				
Rotn	-0.00184	-1.985E-04	5.445E-04				

Figura 50: Desplazamiento de techo en mm de la estructura con disipadores en **disposición chevron diagonal en Y** por Sismo estático

Fuente: Propia

En las figuras 49 y 50 se puede observar los resultados de los desplazamientos reducidos con la incorporación de los disipadores en disposición chevron diagonal. Observe claramente la reducción del desplazamiento de techo.

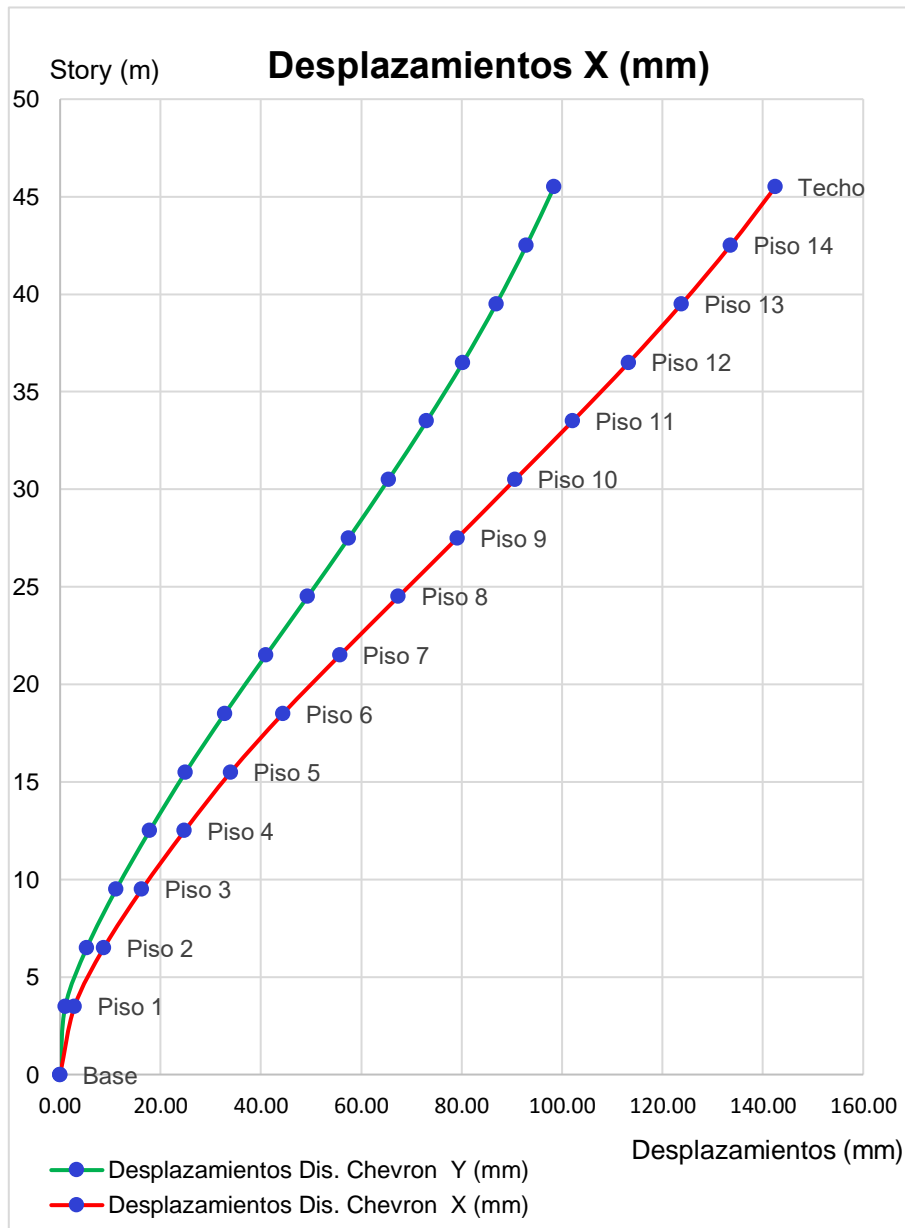


Figura 51: Desplazamientos en mm de la estructura con disipadores en **disposición chevron diagonal** en X por Sismo estático

Fuente: Propia

Tabla 30: *Derivas inelásticas en X – estructura con disipadores en disposición chevron diagonal*

	Altura (m)	Desplazamientos A. Estático X (mm)	desplazamientos por piso (mm)	derivas Inelásticas
Techo	45.5	142.50	8.93	0.00292
Piso 14	42.5	133.57	9.76	0.00319
Piso 13	39.5	123.81	10.51	0.00343
Piso 12	36.5	113.30	11.16	0.00365
Piso 11	33.5	102.14	11.49	0.00375
Piso 10	30.5	90.65	11.53	0.00377
Piso 9	27.5	79.12	11.71	0.00383
Piso 8	24.5	67.41	11.66	0.00381
Piso 7	21.5	55.75	11.36	0.00371
Piso 6	18.5	44.39	10.40	0.00340
Piso 5	15.5	33.99	9.18	0.00300
Piso 4	12.5	24.81	8.51	0.00278
Piso 3	9.5	16.30	7.57	0.00247
Piso 2	6.5	8.73	5.84	0.00191
Piso 1	3.5	2.89	2.89	0.00081
Base	0	0.00		0.00000

Fuente: Propia

Tabla 31: *Derivas inelásticas en Y – estructura con disipadores en disposición chevron diagonal*

	Altura (m)	Desplazamientos A. Estático Y (mm)	Desplazamientos por piso (mm)	Derivas Inelásticas
Techo	45.5	98.42	5.51	0.00191
Piso 14	42.5	92.91	6.02	0.00209
Piso 13	39.5	86.89	6.63	0.00230
Piso 12	36.5	80.26	7.21	0.00250
Piso 11	33.5	73.05	7.63	0.00265
Piso 10	30.5	65.42	7.91	0.00274
Piso 9	27.5	57.51	8.18	0.00284
Piso 8	24.5	49.33	8.30	0.00288
Piso 7	21.5	41.03	8.23	0.00285
Piso 6	18.5	32.80	7.79	0.00270
Piso 5	15.5	25.01	7.16	0.00248
Piso 4	12.5	17.85	6.66	0.00231
Piso 3	9.5	11.19	5.86	0.00203
Piso 2	6.5	5.33	4.30	0.00149
Piso 1	3.5	1.03	1.03	0.00031
Base	0	0.00		0.00000

Fuente: Propia



Tabla 32: Comparación de derivas en X – Y con disipadores en disposición chevron diagonal

Nivel	Desp. Lateral - Y - Dis. Chevron		Desp. Lateral - X - Dis. Chevron		Deriva Límite	Deriva Límite HASUS
	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Elástica	Deriva Inelástica		
Techo	0.00085	0.00191	0.00130	0.00292	0.007	0.0043
Piso 14	0.00093	0.00209	0.00142	0.00319	0.007	0.0043
Piso 13	0.00102	0.00230	0.00153	0.00343	0.007	0.0043
Piso 12	0.00111	0.00250	0.00162	0.00365	0.007	0.0043
Piso 11	0.00118	0.00265	0.00167	0.00375	0.007	0.0043
Piso 10	0.00122	0.00274	0.00167	0.00377	0.007	0.0043
Piso 9	0.00126	0.00284	0.00170	0.00383	0.007	0.0043
Piso 8	0.00128	0.00288	0.00169	0.00381	0.007	0.0043
Piso 7	0.00127	0.00285	0.00165	0.00371	0.007	0.0043
Piso 6	0.00120	0.00270	0.00151	0.00340	0.007	0.0043
Piso 5	0.00110	0.00248	0.00133	0.00300	0.007	0.0043
Piso 4	0.00103	0.00231	0.00124	0.00278	0.007	0.0043
Piso 3	0.00090	0.00203	0.00110	0.00247	0.007	0.0043
Piso 2	0.00066	0.00149	0.00085	0.00191	0.007	0.0043
Piso 1	0.00014	0.00031	0.00036	0.00081	0.007	0.0043
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007	0.0043

Fuente: Propia

Máxima deriva en x **0.003484** **Piso 8** Máxima deriva en y **0.003825267** **Piso 9**

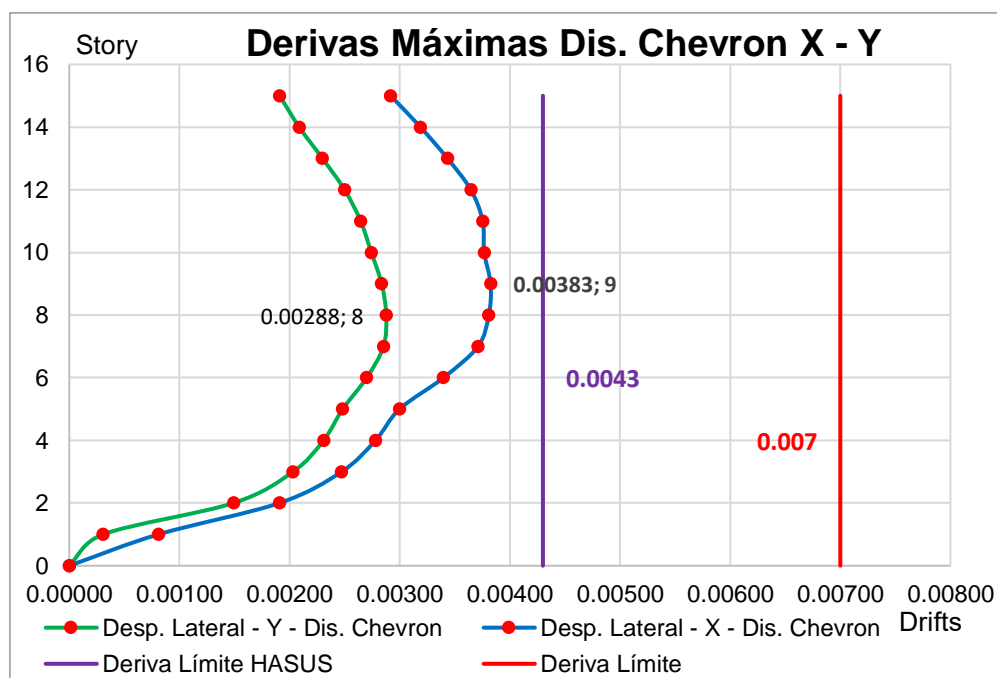


Figura 52: Derivas máximas en X – Y → Estructura con disipadores en disposición Chevron diagonal

Fuente: Propia

## Resumen de derivas y desplazamientos para cada dirección

En la tabla 33 y en la figura 53, se presentan la comparación de los desplazamientos de la estructura patrón y la estructura reforzada con disipadores en disposición diagonal y chevron diagonal respectivamente en la dirección “X”. Y en la tabla 34 y figura 54 se detalla la comparación de las de las derivas resultantes.

Tabla 33: *Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección X*

	Altura (m)	Desplazamientos Patrón X (mm)	Desplazamientos Dis. Diagonal X (mm)	Desplazamientos Dis. Chevron X (mm)
Techo	45.5	260.29	152.84	142.50
Piso 14	42.5	244.60	143.60	133.57
Piso 13	39.5	227.03	133.42	123.81
Piso 12	36.5	207.56	122.35	113.30
Piso 11	33.5	186.36	110.50	102.14
Piso 10	30.5	164.28	98.23	90.65
Piso 9	27.5	142.08	85.86	79.12
Piso 8	24.5	119.38	73.24	67.41
Piso 7	21.5	96.72	60.59	55.75
Piso 6	18.5	74.85	48.21	44.39
Piso 5	15.5	55.51	36.86	33.99
Piso 4	12.5	39.36	26.89	24.81
Piso 3	9.5	24.88	17.64	16.30
Piso 2	6.5	12.50	9.39	8.73
Piso 1	3.5	3.61	3.06	2.89
Base	0	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

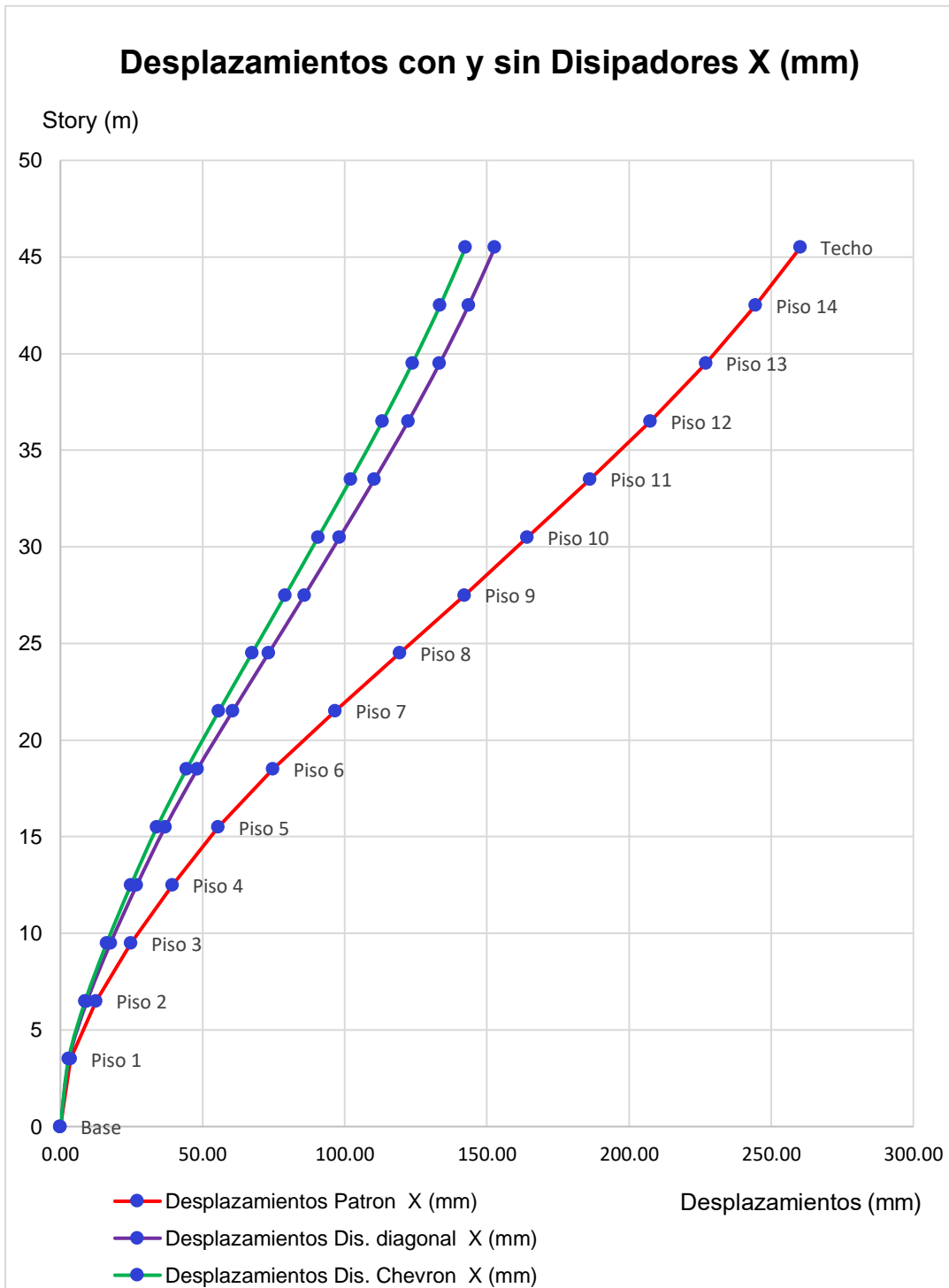


Figura 53: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal *en la dirección X*

Fuente: Propia

Tabla 34: Comparación de derivas entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección X

Nivel	Desp. Lateral - X - Patrón	Desp. Lateral - X - Dis. Diagonal	Desp. Lateral - X - Dis. Chevron	Deriva Límite	Deriva Límite HASUS
	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica	Deriva Inelástica		
Techo	0.00575	0.00302	0.00292	0.007	0.0043
Piso 14	0.00644	0.00333	0.00319	0.007	0.0043
Piso 13	0.00714	0.00362	0.00343	0.007	0.0043
Piso 12	0.00777	0.00387	0.00365	0.007	0.0043
Piso 11	0.00810	0.00401	0.00375	0.007	0.0043
Piso 10	0.00814	0.00404	0.00377	0.007	0.0043
Piso 9	0.00832	0.00412	0.00383	0.007	0.0043
Piso 8	0.00831	0.00413	0.00381	0.007	0.0043
Piso 7	0.00802	0.00404	0.00371	0.007	0.0043
Piso 6	0.00709	0.00371	0.00340	0.007	0.0043
Piso 5	0.00592	0.00326	0.00300	0.007	0.0043
Piso 4	0.00531	0.00302	0.00278	0.007	0.0043
Piso 3	0.00454	0.00270	0.00247	0.007	0.0043
Piso 2	0.00326	0.00207	0.00191	0.007	0.0043
Piso 1	0.00114	0.00086	0.00081	0.007	0.0043
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.007	0.0043

Fuente: Propia

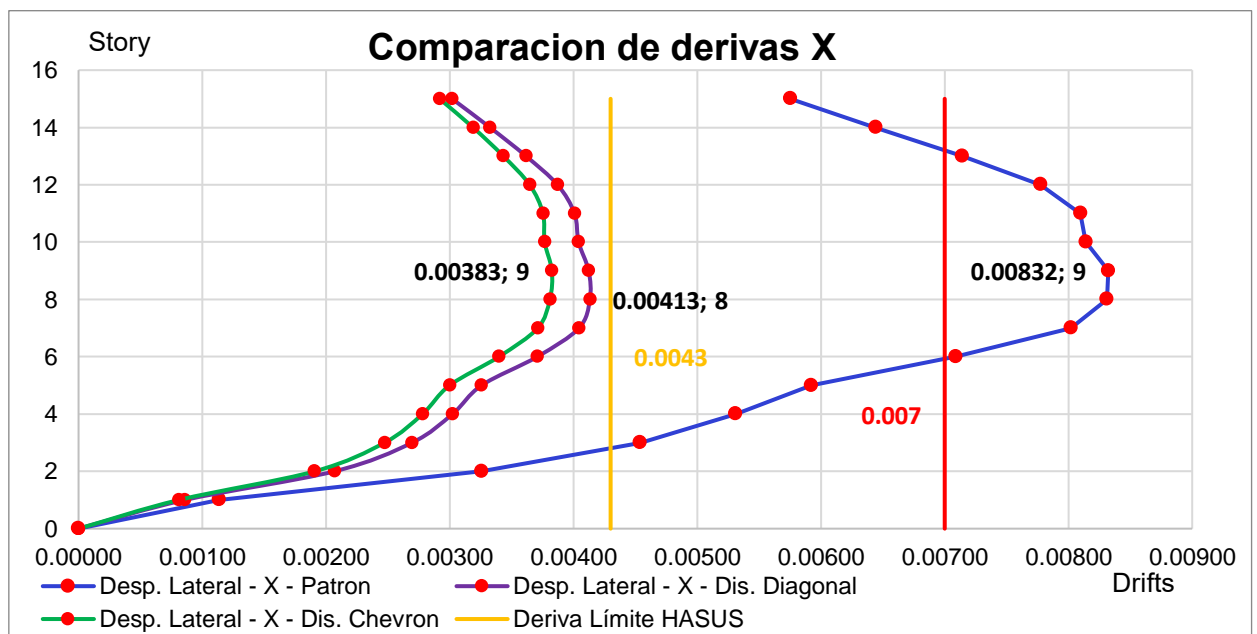


Figura 54: Comparación de derivas entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección X

Fuente: Propia

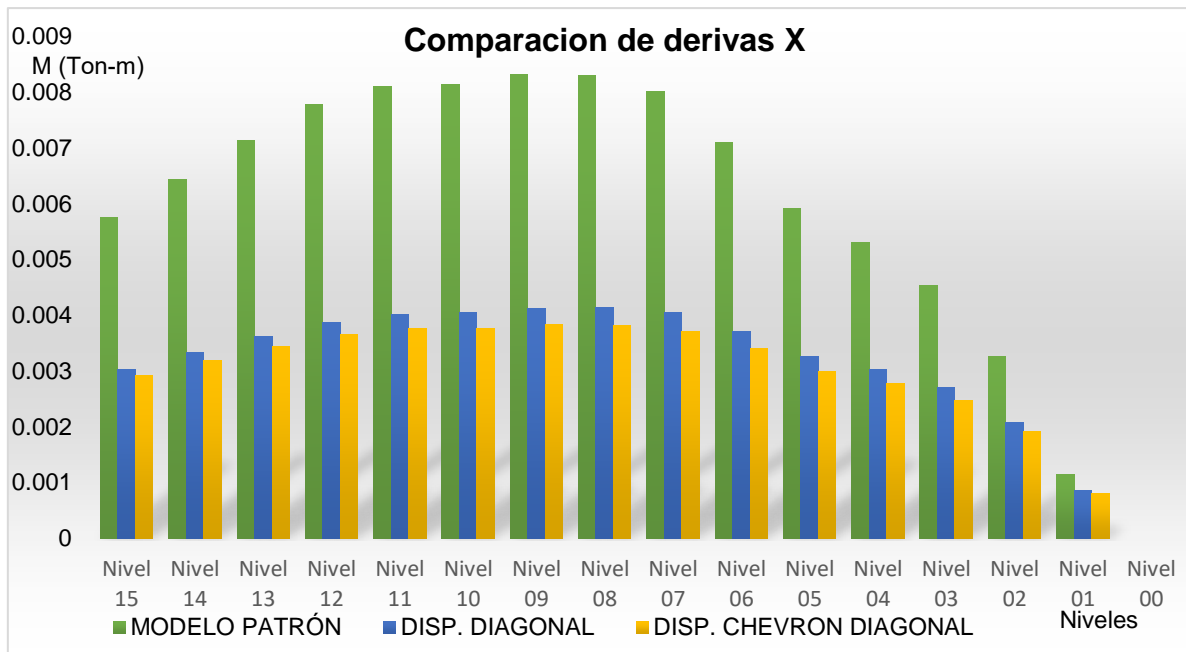


Figura 55: Comparación de derivas entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección X

Fuente: Propia

Tabla 35: Reducción en porcentaje de las derivas en X de la estructura con disipadores disposición diagonal vs chevron diagonal

Desp. Lateral - X - Dis. Diagonal	Desp. Lateral - X - Patron	Reducción	Desp. Lateral - X - Dis. Chevron	Desp. Lateral - X - Patron	Reducción
<b>Deriva Inelástica</b>	<b>Deriva Inelástica</b>		<b>Deriva Inelástica</b>	<b>Deriva Inelástica</b>	
<b>0.0030184</b>	<b>0.005753</b>	48%	0.002917133	0.005753	49%
0.003325467	0.006440867	48%	0.003188267	0.006440867	50%
0.0036162	0.007140467	49%	<b>0.003433267</b>	<b>0.007140467</b>	52%
0.003871	0.007772967	50%	0.0036456	0.007772967	53%
0.0040082	0.008096367	50%	0.0037534	0.008096367	54%
0.004040867	0.00814	50%	0.003766467	0.00814	54%
0.004122533	0.008322233	50%	0.003825267	0.008322233	54%
0.004132333	0.008309767	50%	0.003808933	0.008309767	54%
0.004044133	0.008019	50%	0.003710933	0.008019	54%
0.003707667	0.007091333	48%	0.003397333	0.007091333	52%
0.003256867	0.005921667	45%	0.0029988	0.005921667	49%
0.003021667	0.005309333	43%	0.002779933	0.005309333	48%
0.002695	0.004539333	41%	0.002472867	0.004539333	46%
0.0020678	0.0032582	37%	0.001907733	0.0032582	41%
0.0008568	0.001135829	25%	0.0008092	0.001135829	29%

Fuente: Propia

La tabla 35 muestra una reducción de derivas en la dirección **X** de la estructura con disipadores disposición diagonal que oscila entre 25% y 50% mientras que en la estructura con disipadores en disposición chevron diagonal se logró una reducción que esta entre 29% y 54%

En la tabla 36 y en la figura 55, se presentan la comparación de los desplazamientos de la estructura patrón y la estructura reforzada con disipadores en disposición diagonal y chebrón diagonal respectivamente en la dirección “**Y**”. Y en la tabla 37 y figura 56 se detalla la comparación de las de las derivas resultantes.

Tabla 36: *Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección Y*

	<b>Altura (m)</b>	<b>Desplazamientos Patrón Y (mm)</b>	<b>Desplazamientos Dis. diagonal Y (mm)</b>	<b>Desplazamientos Dis. Chevron Y (mm)</b>
Techo	45.5	260.29	152.84	142.50
Piso 14	42.5	244.60	143.60	133.57
Piso 13	39.5	227.03	133.42	123.81
Piso 12	36.5	207.56	122.35	113.30
Piso 11	33.5	186.36	110.50	102.14
Piso 10	30.5	164.28	98.23	90.65
Piso 9	27.5	142.08	85.86	79.12
Piso 8	24.5	119.38	73.24	67.41
Piso 7	21.5	96.72	60.59	55.75
Piso 6	18.5	74.85	48.21	44.39
Piso 5	15.5	55.51	36.86	33.99
Piso 4	12.5	39.36	26.89	24.81
Piso 3	9.5	24.88	17.64	16.30
Piso 2	6.5	12.50	9.39	8.73
Piso 1	3.5	3.61	3.06	2.89
Base	0	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

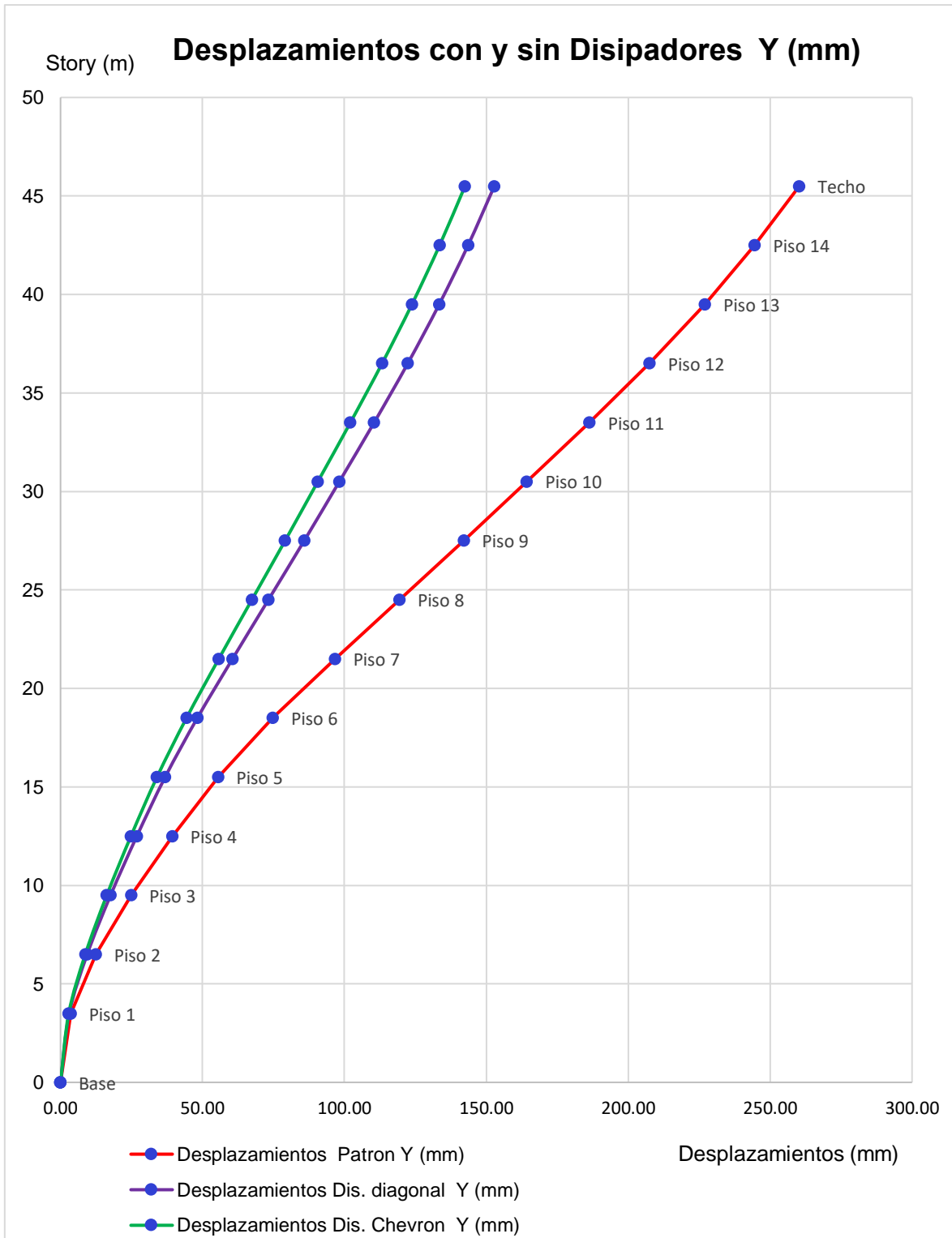


Figura 56: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección Y

Fuente: Propia

Tabla 37: Comparación de derivas entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección Y

	Desp. Lateral - Y - Patrón	Desp. Lateral - Y - Dis. Diagonal	Desp. Lateral - Y - Dis. Chevron	Deriva Límite	Deriva Límite HASUS
<b>Nivel</b>	<b>Deriva Inelástica</b>	<b>Deriva Inelástica</b>	<b>Deriva Inelástica</b>	<b>Deriva Límite</b>	<b>Deriva Límite HASUS</b>
Techo	0.00705	0.00222	0.00191	0.007	0.0043
Piso 14	0.00745	0.00244	0.00209	0.007	0.0043
Piso 13	0.00787	0.00270	0.00230	0.007	0.0043
Piso 12	0.00823	0.00296	0.00250	0.007	0.0043
Piso 11	0.00839	0.00316	0.00265	0.007	0.0043
Piso 10	0.00837	0.00329	0.00274	0.007	0.0043
Piso 9	0.00835	0.00343	0.00284	0.007	0.0043
Piso 8	0.00814	0.00348	0.00288	0.007	0.0043
Piso 7	0.00770	0.00347	0.00285	0.007	0.0043
Piso 6	0.00682	0.00326	0.00270	0.007	0.0043
Piso 5	0.00577	0.00298	0.00248	0.007	0.0043
Piso 4	0.00495	0.00275	0.00231	0.007	0.0043
Piso 3	0.00398	0.00221	0.00203	0.007	0.0043
Piso 2	0.00259	0.00190	0.00149	0.007	0.0043
Piso 1	0.00039	0.00033	0.00031	0.007	0.0043
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.007	0.0043

Fuente: Propia

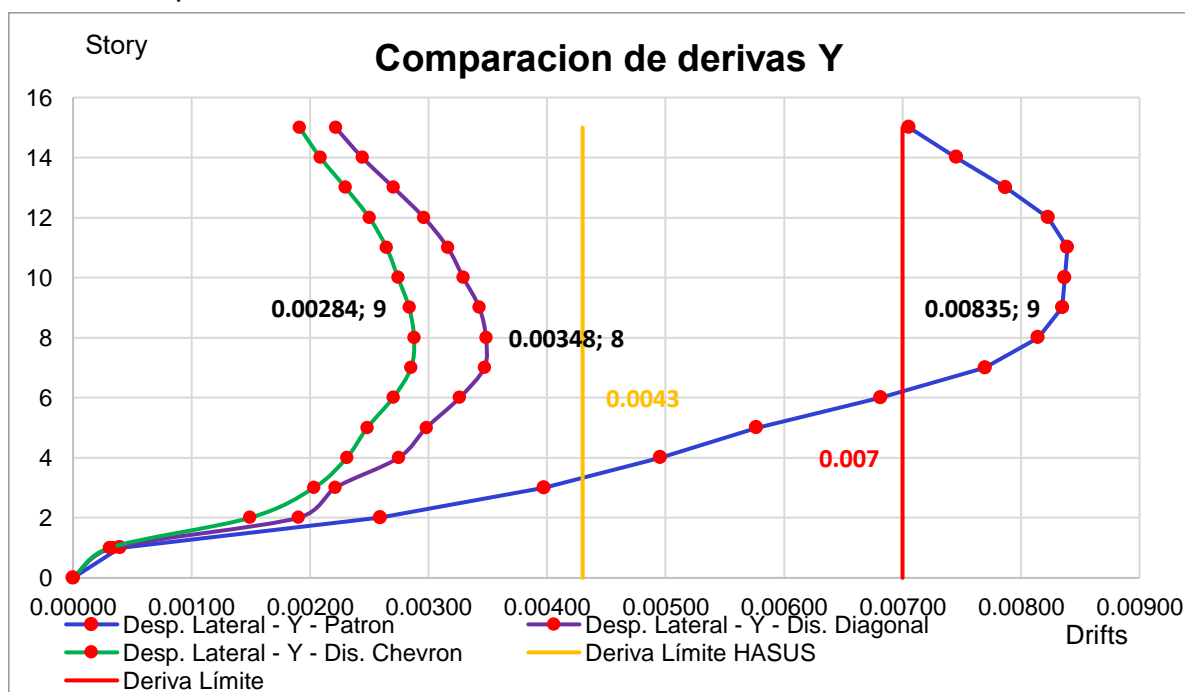


Figura 57: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección Y

Fuente: Propia



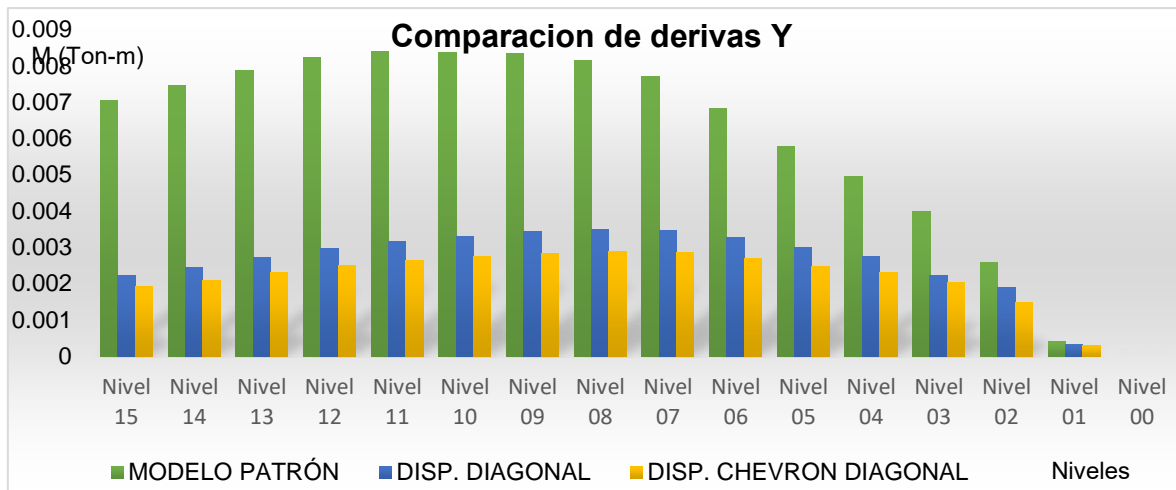


Figura 58: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección Y

Fuente: Propia

Tabla 38: Reducción en porcentaje de las derivas en Y de la estructura con disipadores disposición diagonal vs chevron diagonal

Desp. Lateral - Y - Dis. Diagonal	Desp. Lateral - Y - Patron	Reducción	Desp. Lateral - Y - Dis. Chevron	Desp. Lateral - Y - Patron	Reducción
<b>0.0022152</b>	<b>0.007054836</b>	69%	<b>0.0022984</b>	<b>0.007869067</b>	71%
0.002440533	0.007453564	67%	0.001910133	0.007054836	73%
0.002704	0.007869067	66%	0.002086933	0.007453564	72%
0.002960533	0.008229001	64%	0.002499467	0.008229001	70%
0.0031616	0.008392025	62%	0.002645067	0.008392025	68%
0.003293333	0.008368872	61%	0.002742133	0.008368872	67%
0.003428533	0.008348233	59%	0.002835733	0.008348233	66%
0.003484	0.008144668	57%	0.002877333	0.008144668	65%
0.003470133	0.007695493	55%	0.002853067	0.007695493	63%
0.003262133	0.006815207	52%	0.002700533	0.006815207	60%
0.002981333	0.00576702	48%	0.002482133	0.00576702	57%
0.0027456	0.004953495	45%	0.0023088	0.004953495	53%
0.002211733	0.003975105	44%	0.002031467	0.003975105	49%
0.001899733	0.002591511	27%	0.001490667	0.002591511	42%
0.0003328	0.000394659	16%	0.000306057	0.000394659	22%

Fuente: Propia

La tabla 38 muestra una reducción de derivas en la dirección Y de la estructura con disipadores disposición diagonal que oscila entre 16% y 69% mientras que en la estructura con disipadores en disposición chevron diagonal se logró una reducción que esta entre 22% y 73%.

Observe que al incorporar a la estructura los disipadores de fluido viscoso, tanto en disposición diagonal como en chevron diagonal, la reducción de desplazamientos y derivas es muy notoria, llegando a cumplir con lo que especifica la norma E.030 con la máxima deriva permisible para estructuras de concreto que es de 0.007 para un nivel de desempeño sísmico de seguridad de vida y la deriva objetivo del manual HAZUS del comité VISION 2000 que es de 0.0043 para un nivel de desempeño sísmico operacional.

En las *Figuras 55 y 57*, se muestran los desplazamientos máximos en las direcciones X e Y respectivamente, en donde que, claramente se aprecia que se tiene desplazamientos ligeramente menores en la estructura con disipadores de fluido viscoso en disposición chevron diagonal que en la estructura con disipadores en disposición diagonal.

Consecuentemente, cuando se efectúe el análisis estático no lineal, para determinar la máxima respuesta estructural, se tiene una idea que existirá un mejor nivel de desempeño en la estructura reforzada con disipadores en disposición chevron diagonal.

#### **4.6 FUERZAS CORTANTES DE LA ESTRUCTURA CON Y SIN DISIPADORES**

En las tablas siguientes se mostrará una comparación de esfuerzos tanto en la dirección X como en Y de las tres estructuras analizadas, el modelo patrón con el reforzamiento con los disipadores sísmicos.

Se tomará como muestra uno de los ejes en donde han sido colocados los disipadores, los cuales son: En la dirección X se analizará el eje B y en la dirección Y se analizará el eje 2

Esta muestra es representativa para cuantificar la incidencia de la incorporación de disipadores de fluido viscoso en ambas disposiciones. En la tabla 39 y 42 se muestra la comparación de las fuerzas en la dirección X e Y de la estructura patrón con la estructura reforzada respectivamente.

Tabla 39: Comparación de las fuerzas en la dirección X de la estructura patrón con la estructura con disipadores

Fuerzas (Tn)		MODELO PATRÓN			DISP. DIAGONAL			DISP. CHEVRON DIAGONAL		
EJES		01	03	05	01	03	05	01	03	05
# Piso	Nivel (m)	FX P1	FX P2	FX P3	FX D1	FX D2	FX D3	FX CH1	FX CH2	FX CH3
Nivel 15	45.5	4.21	10.73	10.28	4.19	6.82	3.9	4.13	7.53	4.05
Nivel 14	42.5	3.51	8.62	8.32	3.07	5.21	3.62	3.01	5.66	3.57
Nivel 13	39.5	4.35	10.65	10.24	3.67	6.26	4.24	3.59	6.68	4.19
Nivel 12	36.5	4.48	11.44	11.08	3.64	6.48	4.69	3.46	6.83	4.56
Nivel 11	33.5	6.37	14.18	13.58	4.94	7.95	5.67	4.82	8.28	5.49
Nivel 10	30.5	8.01	23.46	22	6.24	13.38	9.12	6.12	14.02	8.89
Nivel 09	27.5	8.14	21.69	20.43	6.1	12.11	8.72	5.98	12.52	8.37
Nivel 08	24.5	8/32	22.75	21.37	6.18	12.68	9.13	6.05	13	8.73
Nivel 07	21.5	7.63	21.08	20.01	5.54	11.69	8.93	5.41	11.84	8.44
Nivel 06	18.5	9.82	27.58	25.72	7.62	16.12	11.75	7.49	16.26	11.1
Nivel 05	15.5	11.47	42.23	38.11	9.51	26.47	17.76	9.46	27.34	17.11
Nivel 04	12.5	10.34	34.26	31.02	8.56	21.98	15.71	8.5	22.46	14.92
Nivel 03	9.5	8.76	31.76	29.21	7.48	21.07	15.68	7.41	21.15	14.63
Nivel 02	6.5	8.56	26.15	23.52	7.34	18.76	14.01	7.29	19.06	13.47
Nivel 01	3.5	3.3	2.05	0.75	3.32	3.88	1.34	3.15	3.68	0.68
Nivel 00	0	0.02	3.28	3.32	0.09	3.31	3.5	0.09	2.9	3.41

Fuente: Propia

De la tabla 39 se realiza la comparación gráfica de la reducción de fuerza cortante en la columna del **EJE B – 1**

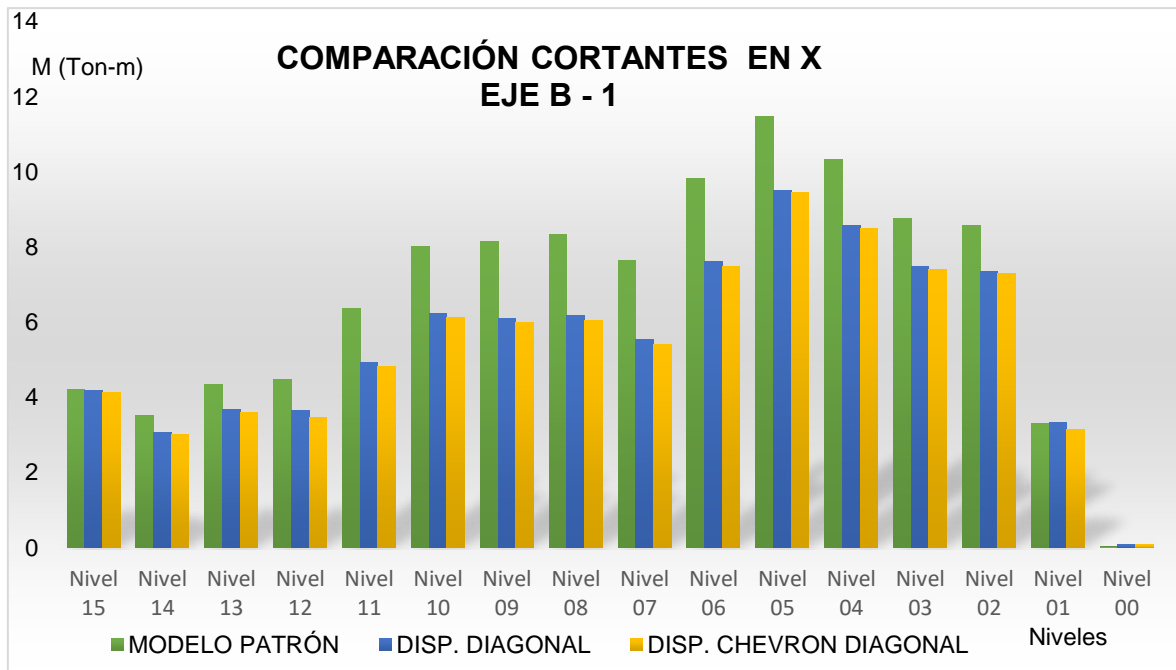


Figura 59: Comparación fuerza cortante columna EJE B – 1

Fuente: Propia

De la tabla 39 se realiza la comparación gráfica de la reducción de fuerza cortante en la columna del **EJE B – 3**

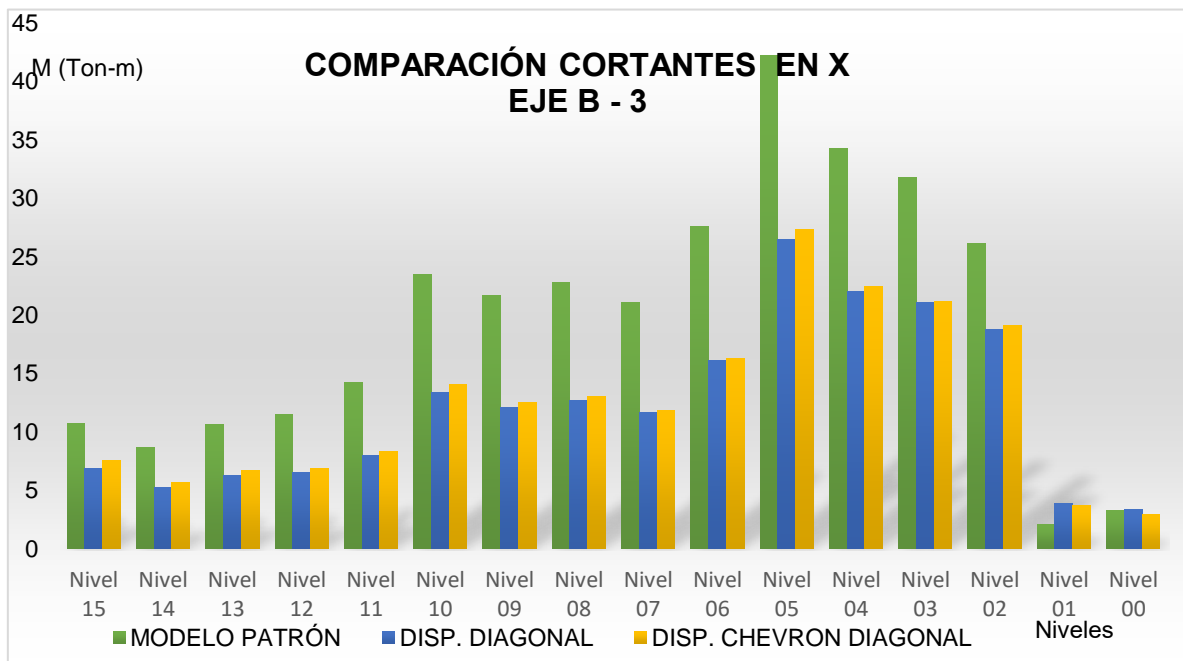


Figura 60: Comparación fuerza cortante columna EJE B – 3

Fuente: Propia

De la tabla 39 se realiza la comparación gráfica de la reducción de fuerza cortante en la columna del **EJE B -5**

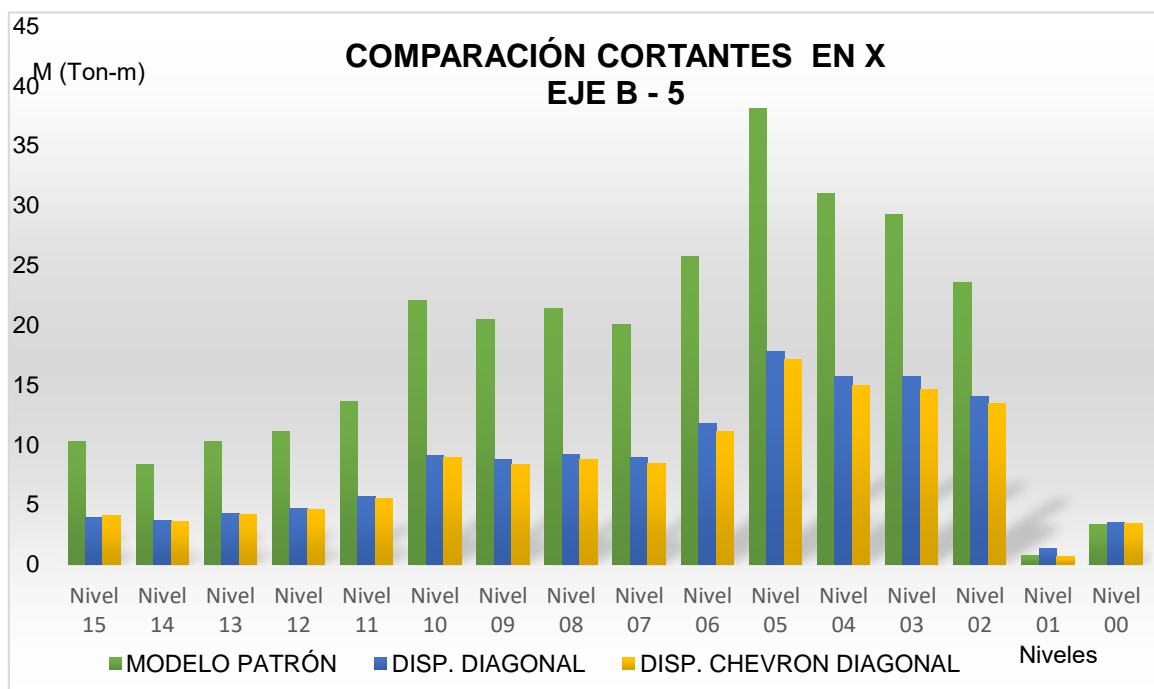


Figura 61: Comparación fuerza cortante columna EJE B – 5

Fuente: Propia

Tabla 40: Promedio total de reducción fuerza cortante en el eje **Bx** en disposición diagonal

Fuerzas (Tn)		REDUCCIÓN DISP. DIAGONAL			
EJES		01	03	05	
# Piso	Nivel	FX D1	FX D2	FX D3	Prom
Nivel 15	45.5	0.48%	36.44%	62.06%	<b>32.99%</b>
Nivel 14	42.5	12.54%	39.56%	56.49%	<b>36.20%</b>
Nivel 13	39.5	15.63%	41.22%	58.59%	<b>38.48%</b>
Nivel 12	36.5	18.75%	43.36%	57.67%	<b>39.93%</b>
Nivel 11	33.5	22.45%	43.94%	58.25%	<b>41.54%</b>
Nivel 10	30.5	22.10%	42.97%	58.55%	<b>41.20%</b>
Nivel 09	27.5	25.06%	44.17%	57.32%	<b>42.18%</b>
Nivel 08	24.5	25.72%	44.26%	57.28%	<b>42.42%</b>
Nivel 07	21.5	27.39%	44.54%	55.37%	<b>42.44%</b>
Nivel 06	18.5	22.40%	41.55%	54.32%	<b>39.42%</b>
Nivel 05	15.5	17.09%	37.32%	53.40%	<b>35.94%</b>
Nivel 04	12.5	17.21%	35.84%	49.36%	<b>34.14%</b>
Nivel 03	9.5	14.61%	33.66%	46.32%	<b>31.53%</b>
Nivel 02	6.5	14.25%	28.26%	40.43%	<b>27.65%</b>
Nivel 01	3.5				
Nivel 00	0				
		18.26%	39.79%	54.67%	<b>37.58%</b>
					<b>37.58%</b>

Fuente: Propia

Tabla 41: Promedio total de reducción fuerza cortante en el eje **Bx** en disposición chevron diagonal

Fuerzas (Tn)		REDUCCIÓN DISP. CHEVRON DIAGONAL			
EJES		01	03	05	
# Piso	Nivel	FX CH1	FX CH2	FX CH3	Prom
Nivel 15	45.5	1.90%	29.82%	60.60%	<b>30.78%</b>
Nivel 14	42.5	14.25%	34.34%	57.09%	<b>35.23%</b>
Nivel 13	39.5	17.47%	37.28%	59.08%	<b>37.94%</b>
Nivel 12	36.5	22.77%	40.30%	58.84%	<b>40.64%</b>
Nivel 11	33.5	24.33%	41.61%	59.57%	<b>41.84%</b>
Nivel 10	30.5	23.60%	40.24%	59.59%	<b>41.14%</b>
Nivel 09	27.5	26.54%	42.28%	59.03%	<b>42.61%</b>
Nivel 08	24.5	27.28%	42.86%	59.15%	<b>43.10%</b>
Nivel 07	21.5	29.10%	43.83%	57.82%	<b>43.58%</b>
Nivel 06	18.5	23.73%	41.04%	56.84%	<b>40.54%</b>
Nivel 05	15.5	17.52%	35.26%	55.10%	<b>35.96%</b>
Nivel 04	12.5	17.79%	34.44%	51.90%	<b>34.71%</b>
Nivel 03	9.5	15.41%	33.41%	49.91%	<b>32.91%</b>
Nivel 02	6.5	14.84%	27.11%	42.73%	<b>28.23%</b>
Nivel 01	3.5				
Nivel 00	0				
		19.75%	37.42%	56.23%	<b>37.80%</b>
Fuente: Propia					<b>37.80%</b>

La figura 59,60 y 61 muestra una comparación grafica de la reducción de la fuerza cortante en las columnas localizadas en los Ejes B – 1, 2 y 3, luego en las tablas 40 y 41 se observa la reducción expresada en porcentaje, en donde se puede apreciar, que los resultados son muy parecidos, teniendo una reducción de hasta 37.58% con los disipadores en disposición diagonal, mientras que con los disipadores en disposición chevron diagonal se logró reducir hasta un 37.80%. Observe que la reducción de fuerza cortante en la estructura con disipadores en disposición chevron diagonal, es ligeramente mayor que en la estructura con disipadores en disposición diagonal.

Tabla 42: Comparación de las fuerzas en la dirección Y de la estructura patrón con la estructura con disipadores

Fuerzas (Tn)		MODELO PATRÓN			DISP. DIAGONAL			DISP. CHEVRON DIAGONAL		
EJES		A	B	C	A	B	C	A	B	C
# Piso	Nivel	FY P1	FY P2	FY P3	FY D1	FY D2	FY D3	FY CH1	FY CH2	FY CH3
Nivel 15	45.5	6.67	14.31	14.9	3.07	3.51	0.71	2.84	2.94	0.48
Nivel 14	42.5	4.67	9.61	10.03	2.06	2.55	0.99	1.88	2.19	0.66
Nivel 13	39.5	5.73	11.73	12.16	2.63	3.31	1.4	2.37	2.76	1.01
Nivel 12	36.5	5.85	11.73	12.13	2.66	3.47	1.74	2.38	2.88	1.29
Nivel 11	33.5	7.23	14.3	14.73	3.33	4.45	2.39	2.93	3.58	1.77
Nivel 10	30.5	11.79	24.25	24.98	5.64	7.8	4.26	5.07	6.33	3.26
Nivel 09	27.5	10.57	20.97	21.59	5.21	7.27	4.49	4.49	5.72	3.37
Nivel 08	24.5	11.02	21.84	22.42	5.37	7.71	4.83	4.79	6.12	3.86
Nivel 07	21.5	9.84	19.04	19.56	5.05	7.25	4.96	4.25	5.52	3.86
Nivel 06	18.5	18.73	25.91	26.5	7.14	10.29	6.93	6.36	8.09	5.78
Nivel 05	15.5	20.77	42.32	43.37	12.67	18.67	12.45	11.11	14.42	10.19
Nivel 04	12.5	15.72	30.95	31.82	9.84	14.76	10.5	8.96	11.74	9.22
Nivel 03	9.5	13.66	26.5	27.22	9.56	14.13	10.36	8.29	10.76	9.04
Nivel 02	6.5	14.17	23.14	23.67	10.47	14.02	11.14	9.78	11.5	10.94
Nivel 01	3.5	7.65	9.01	8.5	2.66	4.09	5.61	1.86	4.53	2.82
Nivel 00	0	2.23	0.03	0.23	1.04	0.33	0.64	0.91	0.81	0.13

Fuente: Propia

De la tabla 42 realiza la comparación gráfica de la reducción de fuerza cortante en la columna del **EJE 2 – A**

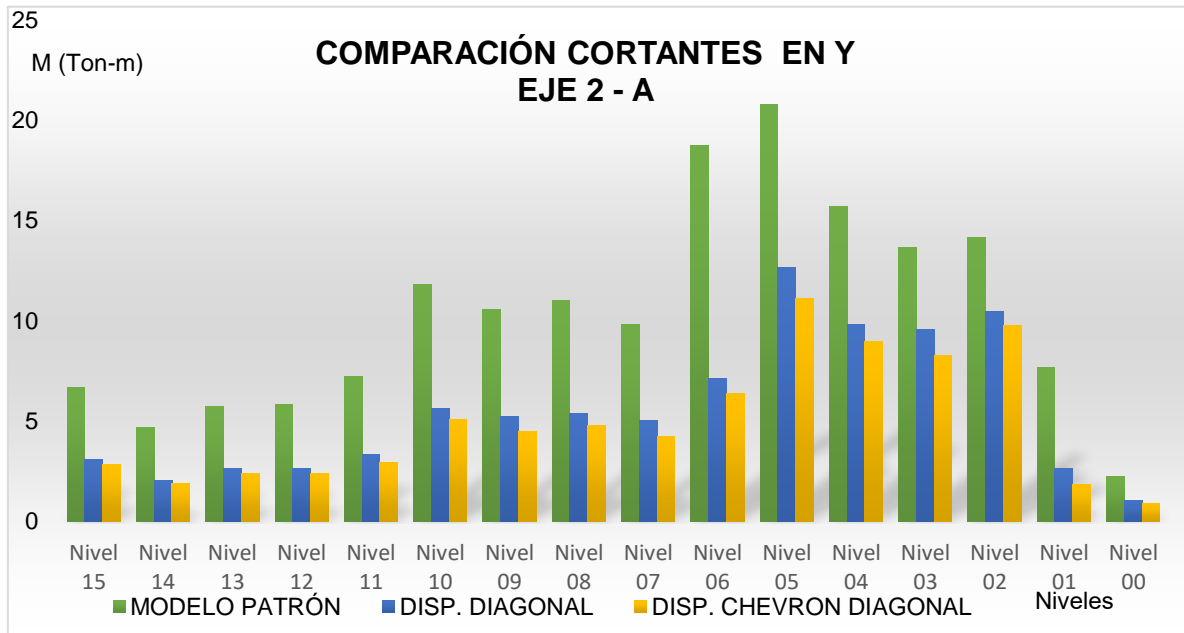


Figura 62: Comparación fuerza cortante columna EJE 2 – A

Fuente: Propia

De la tabla 42 realiza la comparación gráfica de la reducción de fuerza cortante en la columna del **EJE 2 – B**

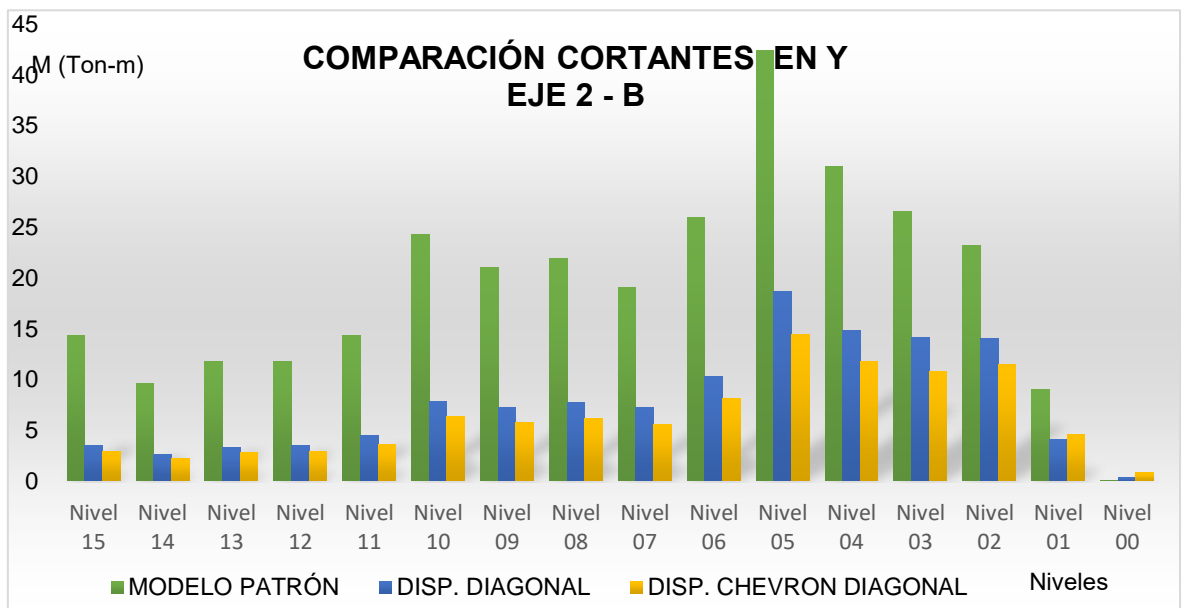


Figura 63: Comparación fuerza cortante columna EJE 2 – B

Fuente: Propia



De la tabla 42 realiza la comparación gráfica de la reducción de fuerza cortante en la columna del **EJE 2 – C**

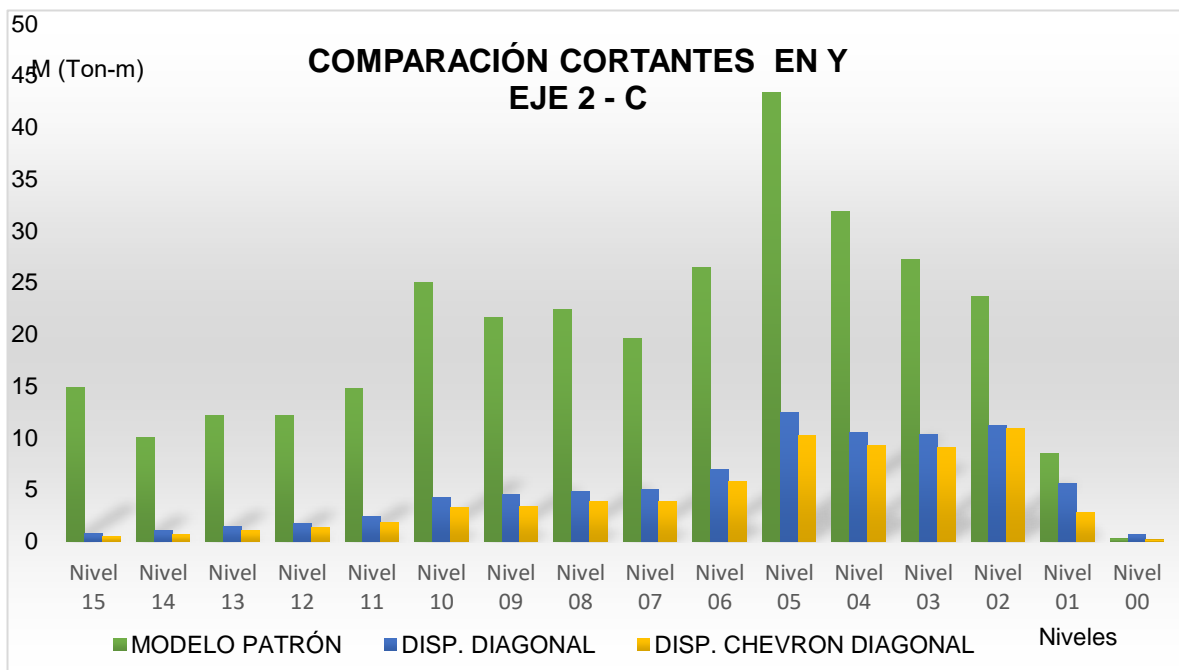


Figura 64: Comparación fuerza cortante columna EJE 2 – C

Fuente: Propia

Tabla 43: Promedio total de reducción fuerza cortante en el eje 2y en disposición diagonal

Fuerzas (Tn)		REDUCCIÓN DISP. DIAGONAL			
EJES		A	B	C	
# Piso	Nivel	FY DA	FY DB	FY DC	Prom
Nivel 15	45.5	53.97%	75.47%	95.23%	<b>74.89%</b>
Nivel 14	42.5	55.89%	73.47%	90.13%	<b>73.16%</b>
Nivel 13	39.5	54.10%	71.78%	88.49%	<b>71.46%</b>
Nivel 12	36.5	54.53%	70.42%	85.66%	<b>70.20%</b>
Nivel 11	33.5	53.94%	68.88%	83.77%	<b>68.87%</b>
Nivel 10	30.5	52.16%	67.84%	82.95%	<b>67.65%</b>
Nivel 09	27.5	50.71%	65.33%	79.20%	<b>65.08%</b>
Nivel 08	24.5	51.27%	64.70%	78.46%	<b>64.81%</b>
Nivel 07	21.5	48.68%	61.92%	74.64%	<b>61.75%</b>
Nivel 06	18.5	61.88%	60.29%	73.85%	<b>65.34%</b>
Nivel 05	15.5	39.00%	55.88%	71.29%	<b>55.39%</b>
Nivel 04	12.5	37.40%	52.31%	67.00%	<b>52.24%</b>
Nivel 03	9.5	30.01%	46.68%	61.94%	<b>46.21%</b>
Nivel 02	6.5	26.11%	39.41%	52.94%	<b>39.49%</b>
Nivel 01	3.5	65.23%	54.61%	34.00%	<b>51.28%</b>
Nivel 00	0				
		48.99%	61.93%	74.64%	<b>61.85%</b>
					<b>61.85%</b>

Fuente: Propia

Tabla 44: Promedio total de reducción fuerza cortante en el eje 2 y en disposición chevron diagonal

Fuerzas (Tn)		REDUCCIÓN DISP. CHEVRON DIAGONAL			
EJES		A	B	C	Prom
# Piso	Nivel	FY CHA	FY CHB	FY CHC	
Nivel 15	45.5	57.42%	79.45%	96.78%	<b>77.88%</b>
Nivel 14	42.5	59.74%	77.21%	93.42%	<b>76.79%</b>
Nivel 13	39.5	58.64%	76.47%	91.69%	<b>75.60%</b>
Nivel 12	36.5	59.32%	75.45%	89.37%	<b>74.71%</b>
Nivel 11	33.5	59.47%	74.97%	87.98%	<b>74.14%</b>
Nivel 10	30.5	57.00%	73.90%	86.95%	<b>72.61%</b>
Nivel 09	27.5	57.52%	72.72%	84.39%	<b>71.55%</b>
Nivel 08	24.5	56.53%	71.98%	82.78%	<b>70.43%</b>
Nivel 07	21.5	56.81%	71.01%	80.27%	<b>69.36%</b>
Nivel 06	18.5	66.04%	68.78%	78.19%	<b>71.00%</b>
Nivel 05	15.5	46.51%	65.93%	76.50%	<b>62.98%</b>
Nivel 04	12.5	43.00%	62.07%	71.02%	<b>58.70%</b>
Nivel 03	9.5	39.31%	59.40%	66.79%	<b>55.17%</b>
Nivel 02	6.5	30.98%	50.30%	53.78%	<b>45.02%</b>
Nivel 01	3.5	75.69%	49.72%	66.82%	<b>64.08%</b>
Nivel 00	0				
		54.93%	68.62%	80.45%	<b>68.00%</b>
					<b>68.00%</b>

Fuente: Propia

Las figuras 62, 63 y 64, muestra una comparación grafica de la reducción de la fuerza cortante en las columnas localizadas en los Ejes 2 – A, B y C, luego en las tablas 43 y 44 se observa la reducción expresada en porcentaje, teniendo una reducción de hasta 61.85% con los disipadores en disposición diagonal, mientras que con los disipadores en disposición chevron diagonal se logró reducir hasta un 68.00%. Observe que la reducción de fuerza cortante en la estructura con disipadores en disposición chevron diagonal, es mayor en comparación con la estructura con disipadores en disposición diagonal.

A continuación, de la misma manera que se analizó la incidencia de la reducción de la fuerza cortante, se desarrollará cuadros comparativos de los momentos flectores de los elementos verticales. En la tabla 45 y 48 se muestra la comparación de los momentos flectores en la dirección X e Y de la estructura patrón con la estructura reforzada respectivamente.

Tabla 45: Comparación de los momentos flectores en la dirección X de la estructura patrón con la estructura con disipadores

Momentos (Tn - m)		MODELO PATRÓN			DISP. DIAGONAL			DISP. CHEVRON DIAGONAL		
EJES		01	03	05	01	03	05	01	03	05
# Piso	Nivel	MX P1	MX P2	MX P3	MX D1	MX D2	MX D3	MX CH1	MX CH2	MX CH3
Nivel 15	45.5	4.18	9.4	8.93	4.25	6.13	3.34	4.2	6.95	3.47
Nivel 14	42.5	4.05	9.12	8.7	3.79	5.83	3.63	3.13	6.51	3.68
Nivel 13	39.5	4.99	11.19	10.66	4.38	6.91	4.39	4.31	7.5	4.41
Nivel 12	36.5	5.07	12.5	12.1	4.13	7.28	5.15	4.04	7.8	5.05
Nivel 11	33.5	8.46	17.91	17.04	6.6	10.1	7.06	6.47	10.56	6.88
Nivel 10	30.5	9.41	25.12	23.48	7.33	14.38	9.8	7.2	15.22	9.58
Nivel 09	27.5	9.7	25.7	24.17	7.29	14.49	10.32	7.17	15.1	10.06
Nivel 08	24.5	10.11	28.02	26.33	7.49	15.49	11.26	7.34	16.02	10.89
Nivel 07	21.5	9.17	27.13	26.04	6.47	14.58	11.57	6.34	14.71	11.06
Nivel 06	18.5	13.45	43.81	41.15	10.25	24.57	18.52	10.07	24.61	17.51
Nivel 05	15.5	13.1	49.8	45.6	10.62	29.99	21.35	10.57	30.81	20.6
Nivel 04	12.5	11.94	44.87	41.21	9.75	27.68	20.66	9.63	28.41	19.95
Nivel 03	9.5	10.14	43.98	41.47	8.45	27.9	22.24	8.39	27.92	21.07
Nivel 02	6.5	11.33	45.34	41.99	9.29	30.44	25.02	9.21	30.75	24.42
Nivel 01	3.5	4.68	17.01	15.85	4.49	15.54	12.64	4.37	15.1	11.61
Nivel 00	0	0.03	8.85	8.94	0.13	8.35	9.44	0.14	7.8	9.12

Fuente: Propia

De la tabla 45 realiza la comparación gráfica de la reducción de momento flector en la columna del **EJE B – 1**

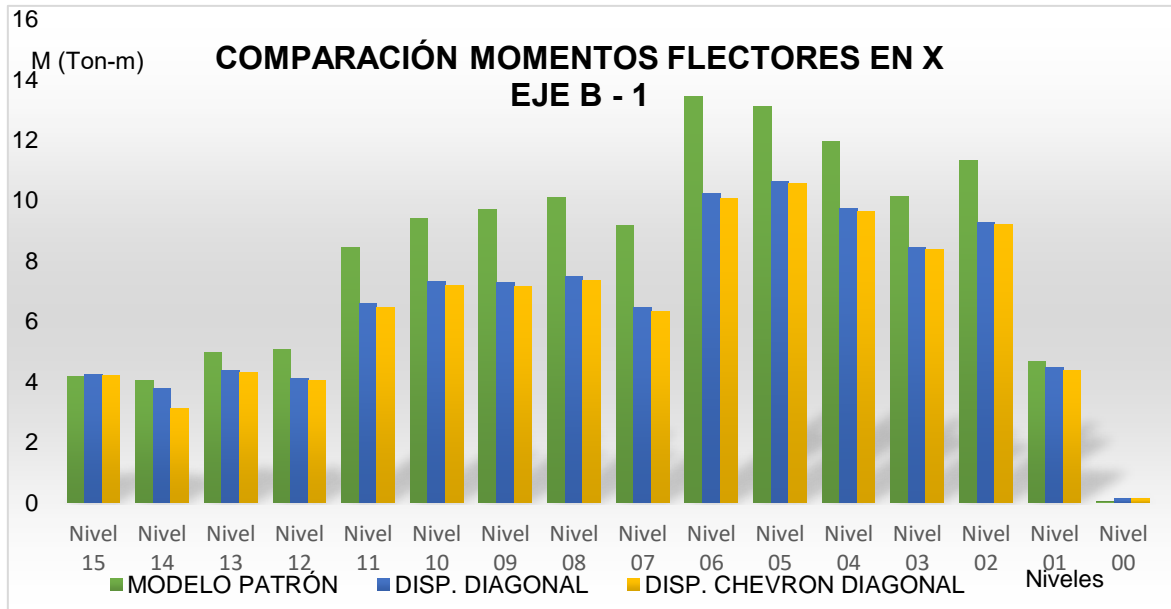


Figura 65: Comparación Momento Flector columna EJE B – 1

Fuente: Propia

De la tabla 45 realiza la comparación gráfica de la reducción de momento flector en la columna del **EJE B – 3**

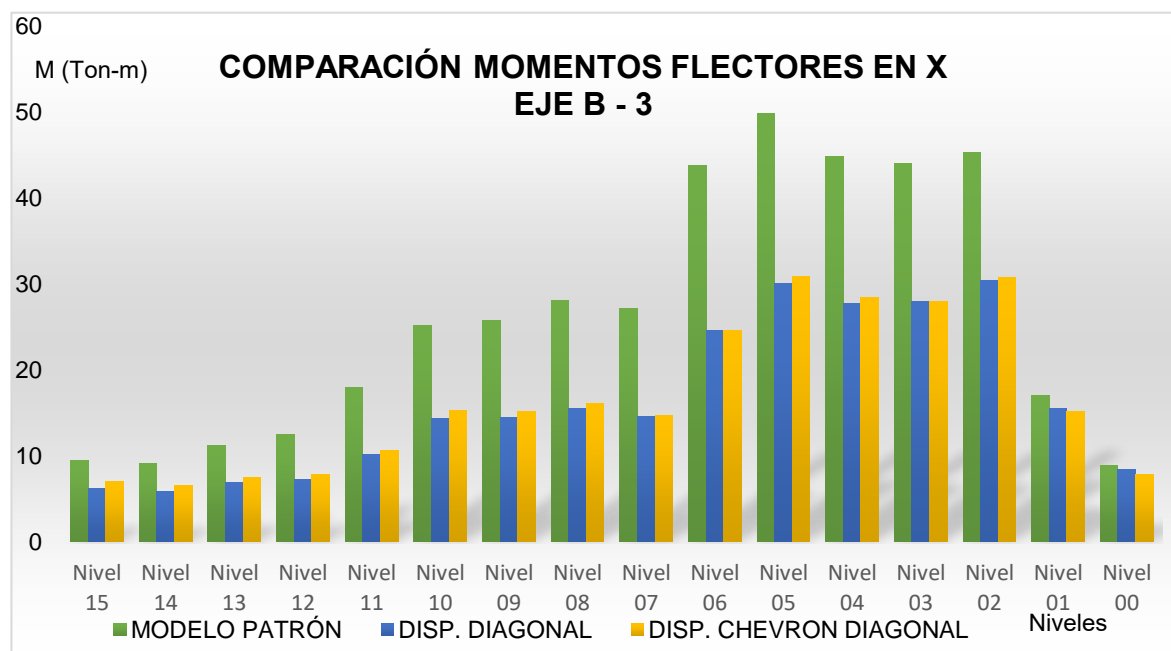


Figura 66: Comparación Momento Flector columna EJE B – 3

Fuente: Propia

De la tabla 45 realiza la comparación gráfica de la reducción de momento flector en la columna del EJE B – 5

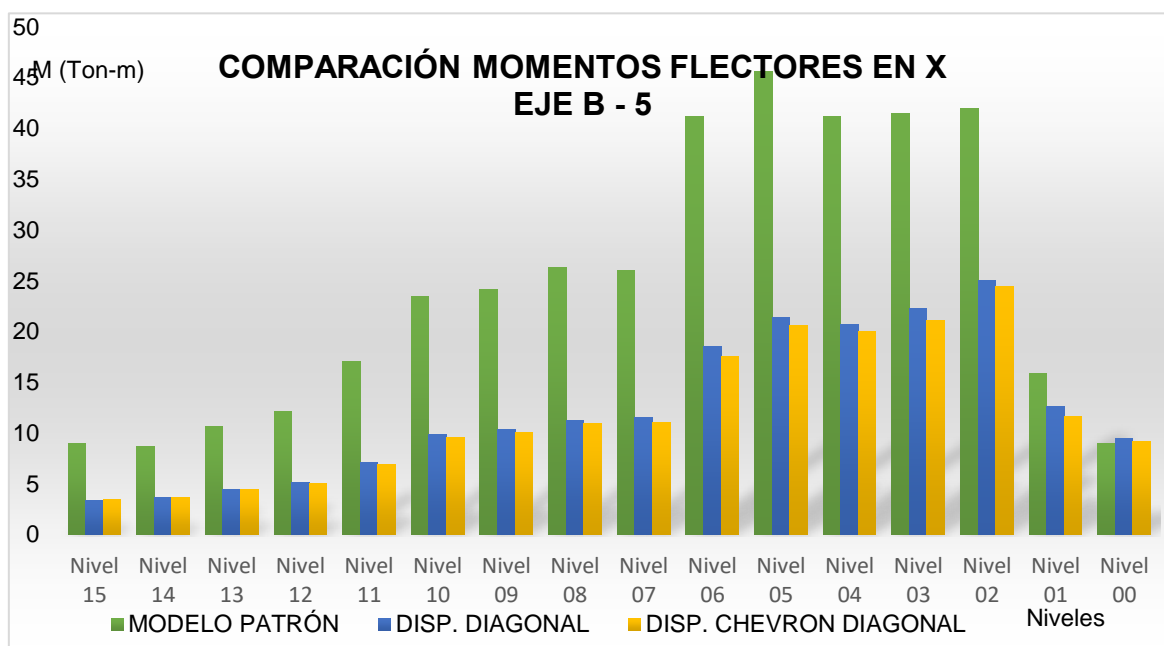


Figura 67: Comparación Momento Flector columna EJE B – 3

Fuente: Propia

Tabla 46: Promedio total de reducción momento flector en el eje B<sub>x</sub> en disposición diagonal

Momento (Tn – m)		REDUCCIÓN DISP. DIAGONAL			
EJES		01	03	05	
# Piso	Nivel	MX D1	MX D2	MX D3	Prom
Nivel 15	45.5	-1.67%	34.79%	62.60%	31.90%
Nivel 14	42.5	6.42%	36.07%	58.28%	33.59%
Nivel 13	39.5	12.22%	38.25%	58.82%	36.43%
Nivel 12	36.5	18.54%	41.76%	57.44%	39.25%
Nivel 11	33.5	21.99%	43.61%	58.57%	41.39%
Nivel 10	30.5	22.10%	42.75%	58.26%	41.04%
Nivel 09	27.5	24.85%	43.62%	57.30%	41.92%
Nivel 08	24.5	25.91%	44.72%	57.24%	42.62%
Nivel 07	21.5	29.44%	46.26%	55.57%	43.76%
Nivel 06	18.5	23.79%	43.92%	54.99%	40.90%
Nivel 05	15.5	18.93%	39.78%	53.18%	37.30%
Nivel 04	12.5	18.34%	38.31%	49.87%	35.51%
Nivel 03	9.5	16.67%	36.56%	46.37%	33.20%
Nivel 02	6.5	18.01%	32.86%	40.41%	30.43%
Nivel 01	3.5	4.06%	8.64%	20.25%	10.98%
Nivel 00	0				
		17.31%	38.13%	52.61%	36.01%
					36.01%

Fuente: Propia

Tabla 47: Promedio total de reducción momento flector en el eje **Bx** en disposición chevron diagonal

Momento (Tn – m)		REDUCCIÓN DISP. CHEVRON DIAGONAL			
EJES		01	03	05	
# Piso	Nivel	MX CH1	MX CH2	MX CH3	Prom
Nivel 15	45.5	-0.48%	26.06%	61.14%	<b>28.91%</b>
Nivel 14	42.5	22.72%	28.62%	57.70%	<b>36.35%</b>
Nivel 13	39.5	13.63%	32.98%	58.63%	<b>35.08%</b>
Nivel 12	36.5	20.32%	37.60%	58.26%	<b>38.73%</b>
Nivel 11	33.5	23.52%	41.04%	59.62%	<b>41.40%</b>
Nivel 10	30.5	23.49%	39.41%	59.20%	<b>40.70%</b>
Nivel 09	27.5	26.08%	41.25%	58.38%	<b>41.90%</b>
Nivel 08	24.5	27.40%	42.83%	58.64%	<b>42.96%</b>
Nivel 07	21.5	30.86%	45.78%	57.53%	<b>44.72%</b>
Nivel 06	18.5	25.13%	43.83%	57.45%	<b>42.13%</b>
Nivel 05	15.5	19.31%	38.13%	54.82%	<b>37.42%</b>
Nivel 04	12.5	19.35%	36.68%	51.59%	<b>35.87%</b>
Nivel 03	9.5	17.26%	36.52%	49.19%	<b>34.32%</b>
Nivel 02	6.5	18.71%	32.18%	41.84%	<b>30.91%</b>
Nivel 01	3.5	6.62%	11.23%	26.75%	<b>14.87%</b>
Nivel 00	0				
		19.59%	35.61%	54.05%	<b>36.42%</b>
					<b>36.42%</b>

Fuente: Propia

Las figuras 65, 66 y 67, muestra una comparación grafica de la reducción del momento flector en las columnas localizadas en los Ejes 2 – A, B y C, luego en las tablas 46 y 47 se observa la reducción expresada en porcentaje, teniendo una reducción de hasta 36.01% con los disipadores en disposición diagonal, mientras que con los disipadores en disposición chevron diagonal se logró reducir hasta un 36.42%.

Observe que la reducción del momento flector en la estructura con disipadores en disposición chevron diagonal, es mayor en comparación con la estructura con disipadores en disposición diagonal.

Tabla 48: Comparación de los momentos flectores en la dirección Y de la estructura patrón con la estructura con disipadores

Momentos (Tn - m)		MODELO PATRÓN			DISP. DIAGONAL			DISP. CHEVRON DIAGONAL		
EJES		A	B	C	A	B	C	A	B	C
# Piso	Nivel	MY PA	MY PB	MY PC	MY DA	MY DB	MY DC	MY CHA	MY CHB	MY CHC
Nivel 15	45.5	5.47	13.24	13.89	2.48	3.02	0.31	2.34	2.58	0.08
Nivel 14	42.5	4.66	11.34	11.27	1.98	2.63	0.47	1.9	2.29	0.25
Nivel 13	39.5	5.62	13.13	13.66	2.42	3.31	0.98	2.29	2.81	0.66
Nivel 12	36.5	6.13	13.42	13.91	2.52	3.56	1.43	2.37	3.01	1.08
Nivel 11	33.5	9.26	18.39	18.92	3.81	5.27	2.6	3.44	4.27	1.94
Nivel 10	30.5	12.97	26.69	27.52	5.41	7.86	4.02	5.01	6.47	3.14
Nivel 09	27.5	13.59	26.3	27.04	5.73	8.29	4.92	5.07	6.58	3.74
Nivel 08	24.5	15.5	28.45	29.13	6.31	9.15	5.69	5.7	7.32	4.66
Nivel 07	21.5	15.54	25.82	26.44	6.19	8.72	6.27	5.16	6.63	4.88
Nivel 06	18.5	26.49	42.4	43.12	11.46	15.57	10.98	9.97	12.2	9.04
Nivel 05	15.5	30.6	51.95	53.1	14.83	21.04	15.06	12.68	16.18	12.14
Nivel 04	12.5	28.59	45.55	46.48	14.02	19.56	14.71	12.35	15.45	12.73
Nivel 03	9.5	28.16	41.62	42.41	14.91	19.88	15.95	12.47	15.14	13.48
Nivel 02	6.5	38.42	47.62	48.14	22.83	26.5	23.4	11.18	21.75	21.41
Nivel 01	3.5	27.76	25.9	25.39	13.53	13.53	15.84	1.31	12.8	11.46
Nivel 00	0	3.19	0.04	0.84	1.49	0.89	1.72	0.84	2.17	0.19

Fuente: Propia

De la tabla 48 realiza la comparación gráfica de la reducción de momento flector en la columna del **EJE 2 – A**

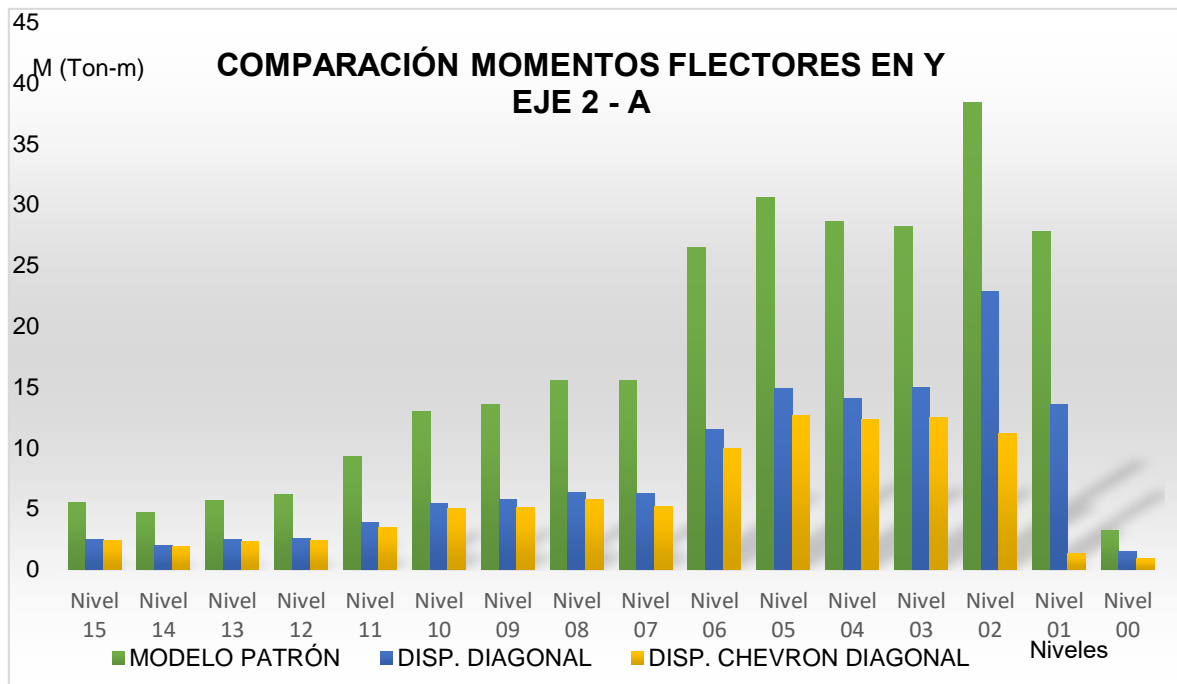


Figura 68: Comparación momento flector columna EJE 2 – A

Fuente: Propia

De la tabla 48 realiza la comparación gráfica de la reducción de momento flector en la columna del **EJE 2 – B**

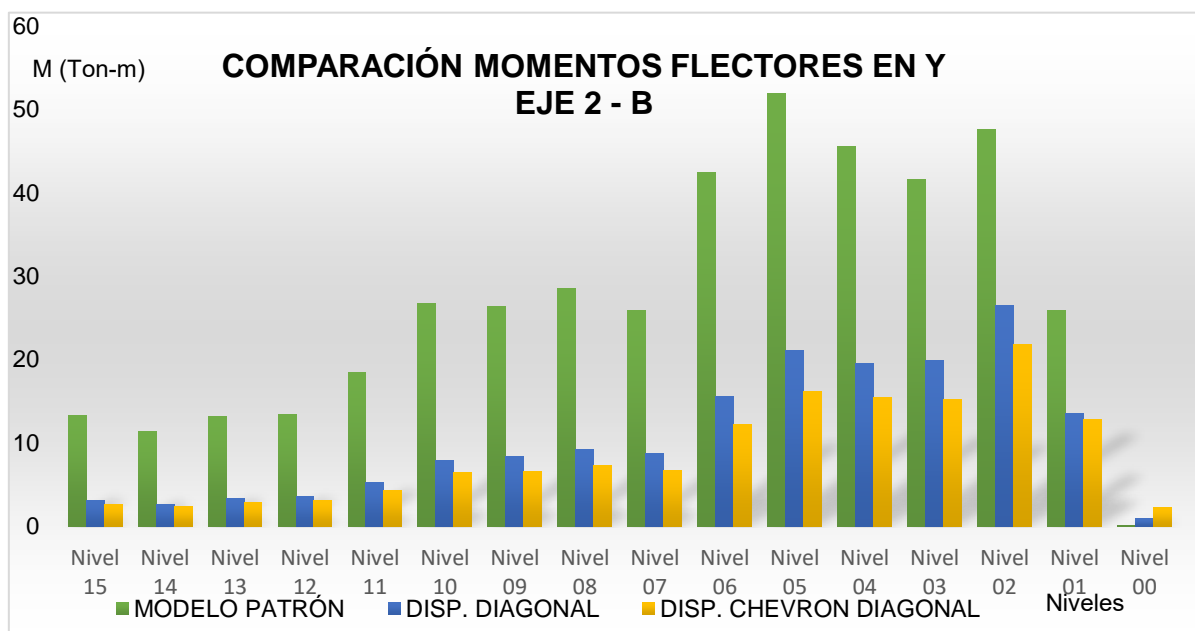


Figura 69: Comparación momento flector columna EJE 2 – B

Fuente: Propia



De la tabla 48 realiza la comparación gráfica de la reducción de momento flector en la columna del **EJE 2 – C**

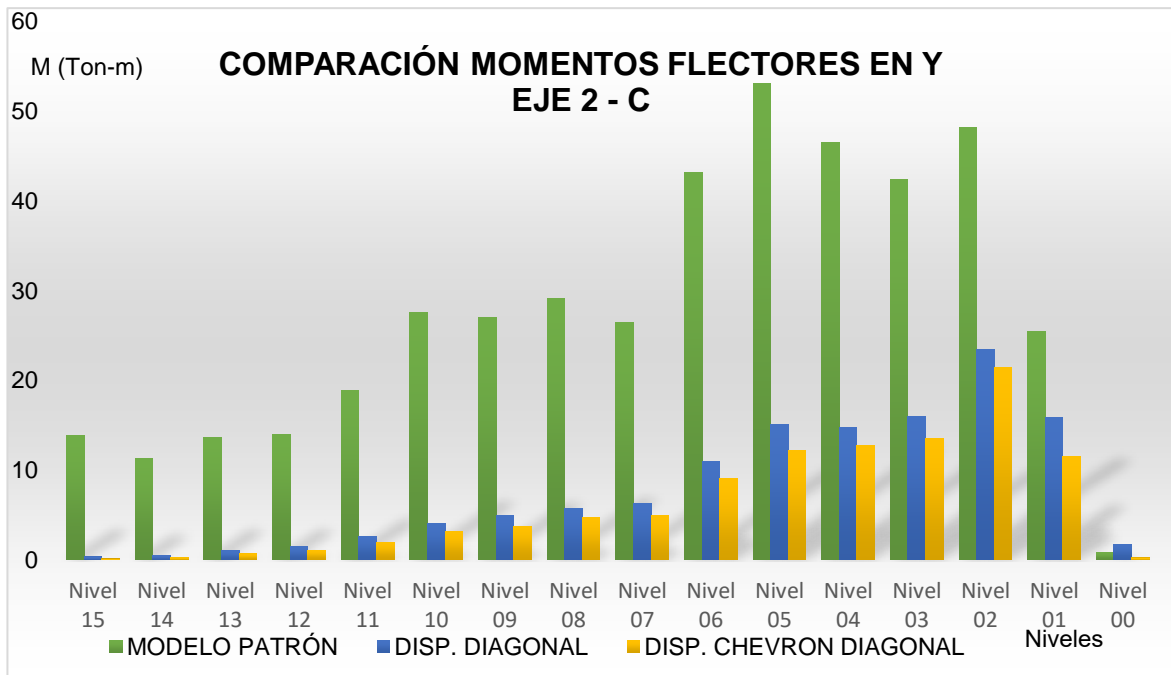


Figura 70: Comparación momento flector columna EJE 2 – C

Fuente: Propia

Tabla 49: Promedio total de reducción momento flector en el eje 2y en disposición diagonal

Momento (Tn – m)		REDUCCIÓN DISP. DIAGONAL			
EJES		A	B	C	
# Piso	Nivel	MY DA	MY DB	MY DC	Prom
Nivel 15	45.5	54.66%	77.19%	97.77%	76.54%
Nivel 14	42.5	57.51%	76.81%	95.83%	76.72%
Nivel 13	39.5	56.94%	74.79%	92.83%	74.85%
Nivel 12	36.5	58.89%	73.47%	89.72%	74.03%
Nivel 11	33.5	58.86%	71.34%	86.26%	72.15%
Nivel 10	30.5	58.29%	70.55%	85.39%	71.41%
Nivel 09	27.5	57.84%	68.48%	81.80%	69.37%
Nivel 08	24.5	59.29%	67.84%	80.47%	69.20%
Nivel 07	21.5	60.17%	66.23%	76.29%	67.56%
Nivel 06	18.5	56.74%	63.28%	74.54%	64.85%
Nivel 05	15.5	51.54%	59.50%	71.64%	60.89%
Nivel 04	12.5	50.96%	57.06%	68.35%	58.79%
Nivel 03	9.5	47.05%	52.23%	62.39%	53.89%
Nivel 02	6.5	40.58%	44.35%	51.39%	45.44%
Nivel 01	3.5	51.26%	47.76%	37.61%	45.54%
Nivel 00	0				
		54.70%	64.73%	76.82%	65.42%
					65.42%

Fuente: Propia

Tabla 50: Promedio total de reducción momento flector en el eje 2y en disposición chevron diagonal

Momento (Tn – m)		REDUCCIÓN DISP. CHEVRON DIAGONAL			
EJES		A	B	C	
# Piso	Nivel	MY CHA	MY CHB	MY CHC	Prom
Nivel 15	45.5	57.22%	80.51%	99.42%	<b>79.05%</b>
Nivel 14	42.5	59.23%	79.81%	97.78%	<b>78.94%</b>
Nivel 13	39.5	59.25%	78.60%	95.17%	<b>77.67%</b>
Nivel 12	36.5	61.34%	77.57%	92.24%	<b>77.05%</b>
Nivel 11	33.5	62.85%	76.78%	89.75%	<b>76.46%</b>
Nivel 10	30.5	61.37%	75.76%	88.59%	<b>75.24%</b>
Nivel 09	27.5	62.69%	74.98%	86.17%	<b>74.61%</b>
Nivel 08	24.5	63.23%	74.27%	84.00%	<b>73.83%</b>
Nivel 07	21.5	66.80%	74.32%	81.54%	<b>74.22%</b>
Nivel 06	18.5	62.36%	71.23%	79.04%	<b>70.87%</b>
Nivel 05	15.5	58.56%	68.85%	77.14%	<b>68.18%</b>
Nivel 04	12.5	56.80%	66.08%	72.61%	<b>65.17%</b>
Nivel 03	9.5	55.72%	63.62%	68.22%	<b>62.52%</b>
Nivel 02	6.5	70.90%	54.33%	55.53%	<b>60.25%</b>
Nivel 01	3.5	95.28%	50.58%	54.86%	<b>66.91%</b>
Nivel 00	0				
		63.57%	71.15%	81.47%	<b>72.07%</b>
Fuente: Propia					<b>72.07%</b>

Las figuras 68, 69 y 70, muestra una comparación grafica de la reducción del momento flector en las columnas localizadas en los Ejes 2 – A, B y C, luego en las tablas 49 y 50 se observa la reducción expresada en porcentaje, teniendo una reducción de hasta 65.42% con los disipadores en disposición diagonal, mientras que con los disipadores en disposición chevron diagonal se logró reducir hasta un 72.07%.

Observe que la reducción del momento flector en la estructura con disipadores en disposición chevron diagonal, es mayor en comparación con la estructura con disipadores en disposición diagonal.

Las figuras 61 – 63 se muestra a detalle las fuerzas cortantes y momentos flectores resultantes del análisis sísmico en la estructura patrón comparada con los resultados de la estructura reforzada con disipadores

Para más detalles ver el anexo 05

En definitiva, en el análisis de la estructura con ambas disposiciones de los disipadores, tanto las fuerzas cortantes como los momentos flectores se reducen considerablemente, mucho más el análisis de la estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal. De igual forma, los desplazamientos y derivas son mucho más conservadoras en el análisis con disipadores en disposición chevron diagonal.

Por otro lado, al haber incorporado estos dispositivos a la estructura, los cuales, al estar unidos con brazos metálicos rígidos empotrados entre las vigas y columnas, aportan porcentajes mínimos de rigidez a lo largo de todo el sistema, el mismo que al sumarse, causa un efecto inercial cuya consecuencia es la variación de los periodos de vibración, con respecto al modelo patrón. En la tabla 51 y figura 69 se muestra con más detalle dichas diferencias.

Tabla 51: *Periodos de vibración – modelo patrón Vs modelo disp. diagonal y chevron diagonal*

TABLE: Modal Periods And Frequencies					
OutputCase	StepType	StepNum	E. Patron	Disp. Diagonal	Disp. Chevron
Text	Text	Unitless	Period (Sec)	Period (Sec)	Period (Sec)
MODAL	Mode	1	1.792262	1.316415	1.270242
MODAL	Mode	2	1.69763	1.125331	1.029101
MODAL	Mode	3	1.370177	1.004077	0.935828
MODAL	Mode	4	0.56377	0.556604	0.555971

Fuente: Propia

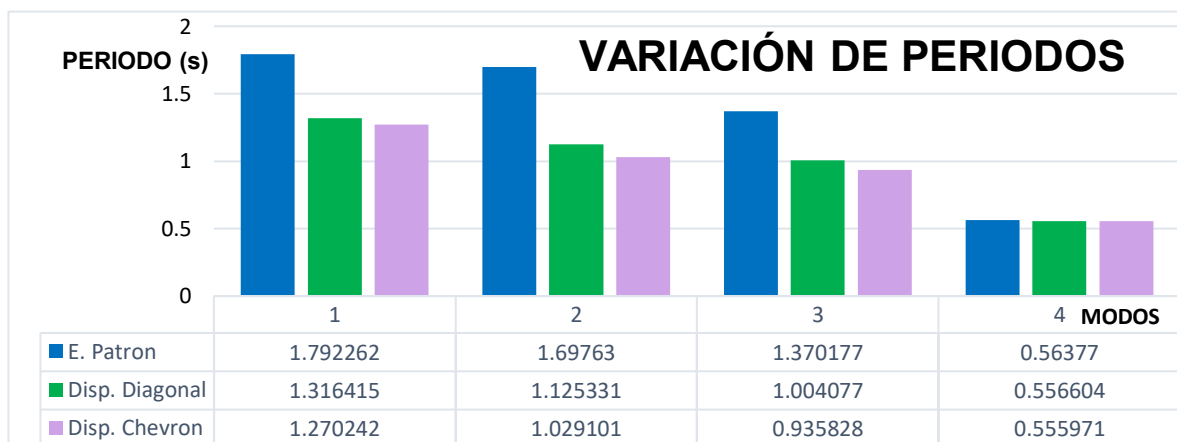


Figura 71: Variación de periodos

Fuente: Propia

#### 4.7 ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER

Al efectuar el AENL en softwares Sap2000 del edificio regular de 15 niveles, primero en su estado normal (*estado patrón*), y luego la estructura reforzada con disipadores de fluido viscoso en disposiciones diagonal y chevron diagonal. En el análisis realizado, se pudo observar el paso a paso de la secuencia de falla y formación de rótulas plásticas, tanto en los elementos verticales como horizontales, luego, la curva de capacidad y el espectro de respuesta (Según FEMA 440), y finalmente el punto de desempeño para determinar el desplazamiento máximo que indica el nivel de desempeño sísmico

Las fuerzas laterales de entrada se tomaron de los resultados del análisis estático (*Ver Tabla: 13*).

En la figura 72, se indica los niveles de desempeño según el color para poder clasificar los resultados del análisis en el software sap2000.

Color			Nivel de Desempeño
Magenta		B	Punto B de la curva
Azul		IO	Immediate Occupancy
Celeste		LS	Life Safety
Verde Claro		CP	Collapse Prevention
Amarillo		P	Punto P de la curva
Naranja		D	Punto D de la curva
Rojo		E	Punto E de la curva

Figura 72: Niveles de Desempeño sísmico según el color de la rótula plástica en sap2000

Fuente: Sánchez Aguilar – Maestría México – Pág. 113

a) Formación de rotulas plásticas – Modelo Patrón

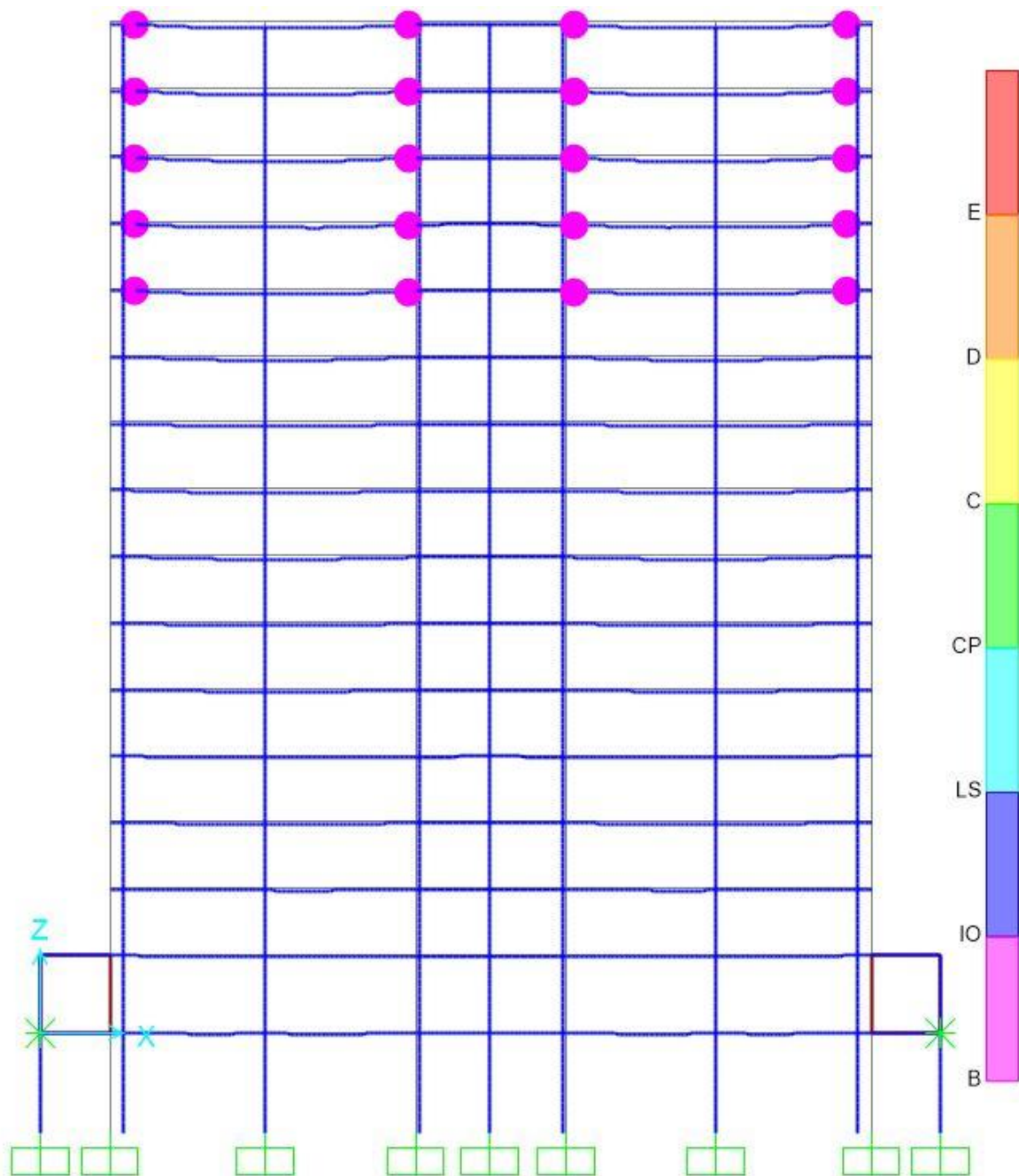


Figura 73: Rotulas plásticas en el paso 01 del AENL – E. Patrón

Fuente: Propia

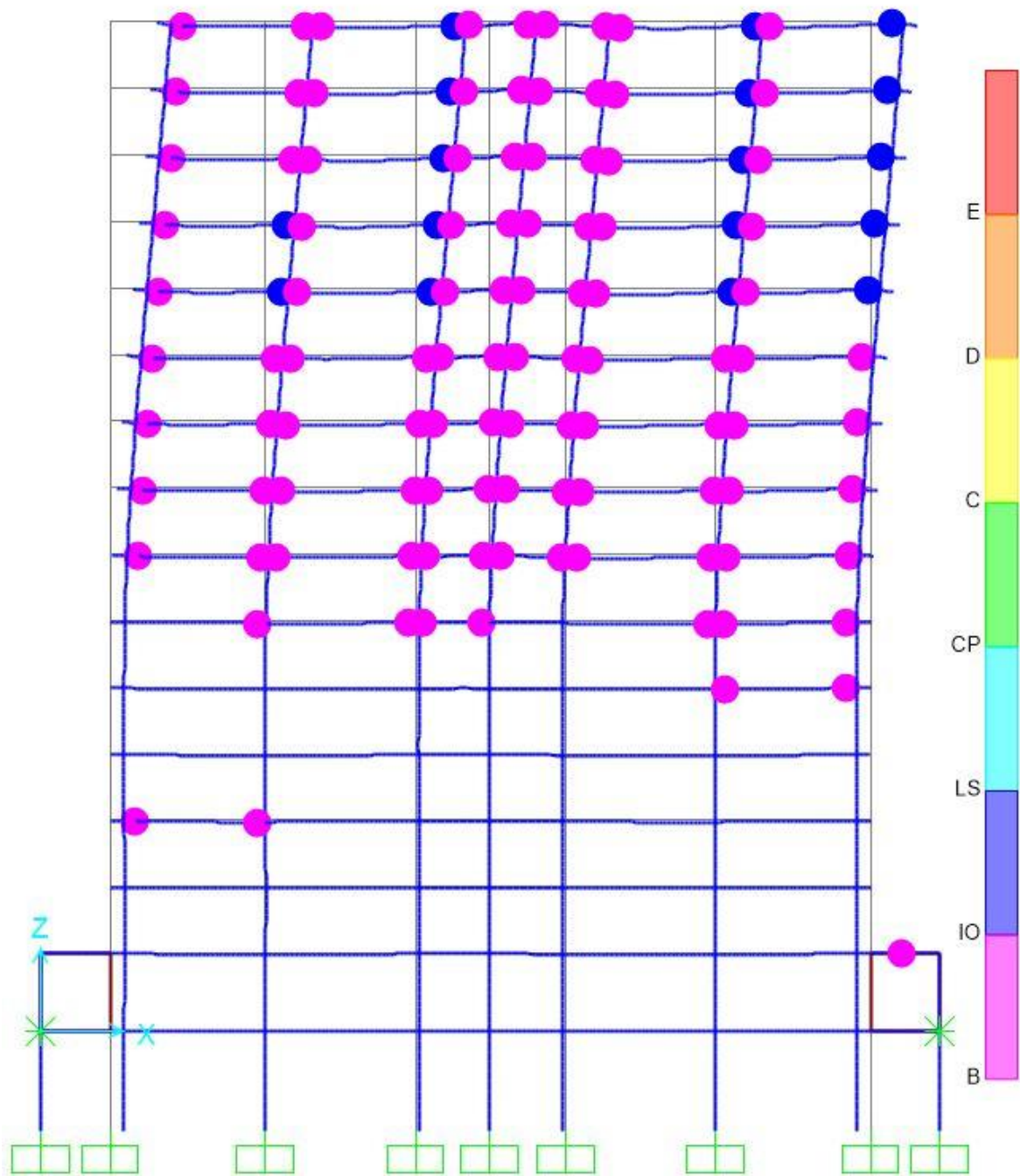


Figura 74: Rotulas plásticas en el paso 23 del AENL – E. Patrón

Fuente: Propia

b) Formación de rotulas plásticas – Modelo Disp. Diagonal

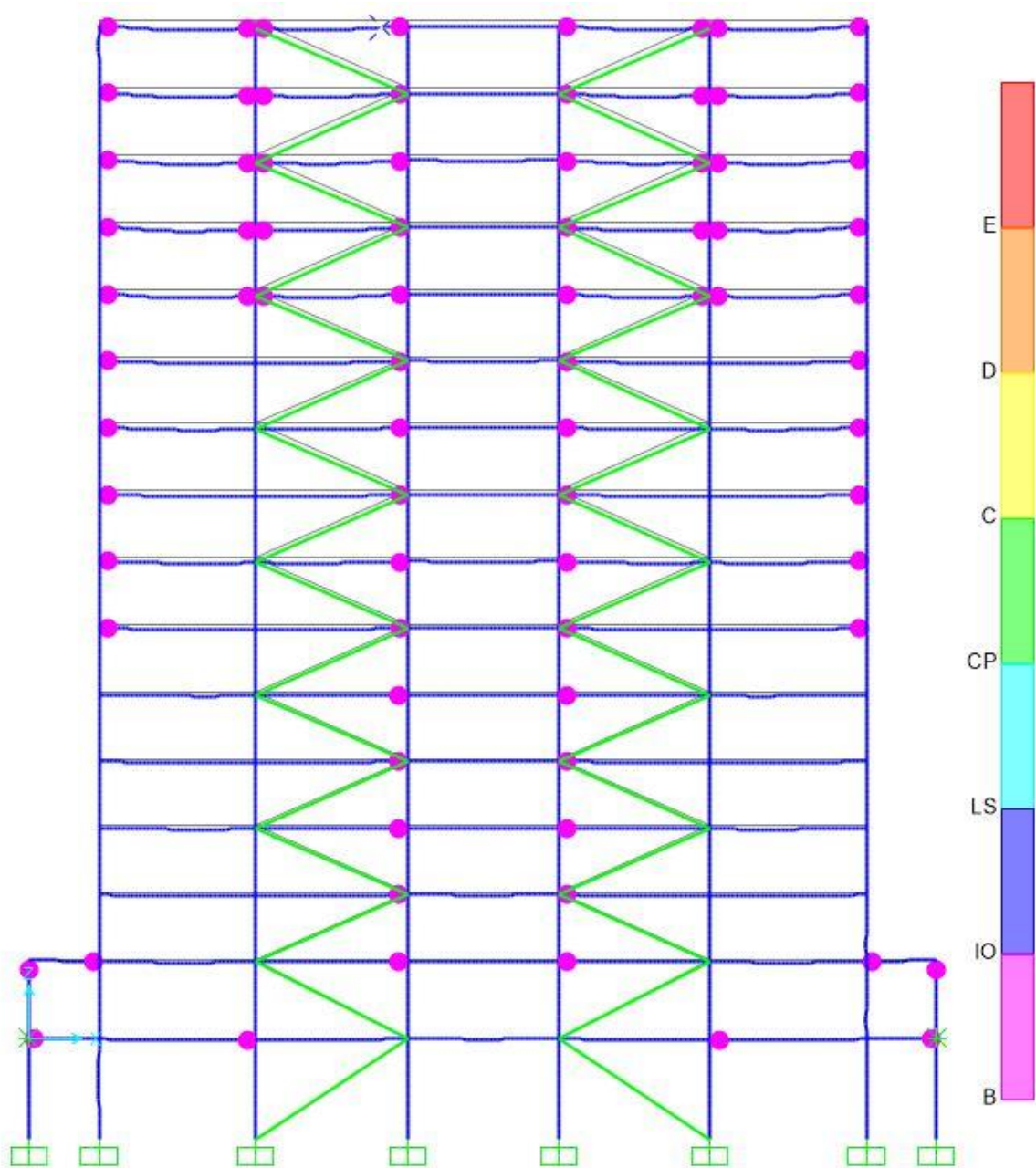


Figura 75: Rotulas plásticas en el paso 01 del AENL – E. Disp. Diagonal

Fuente: Propia

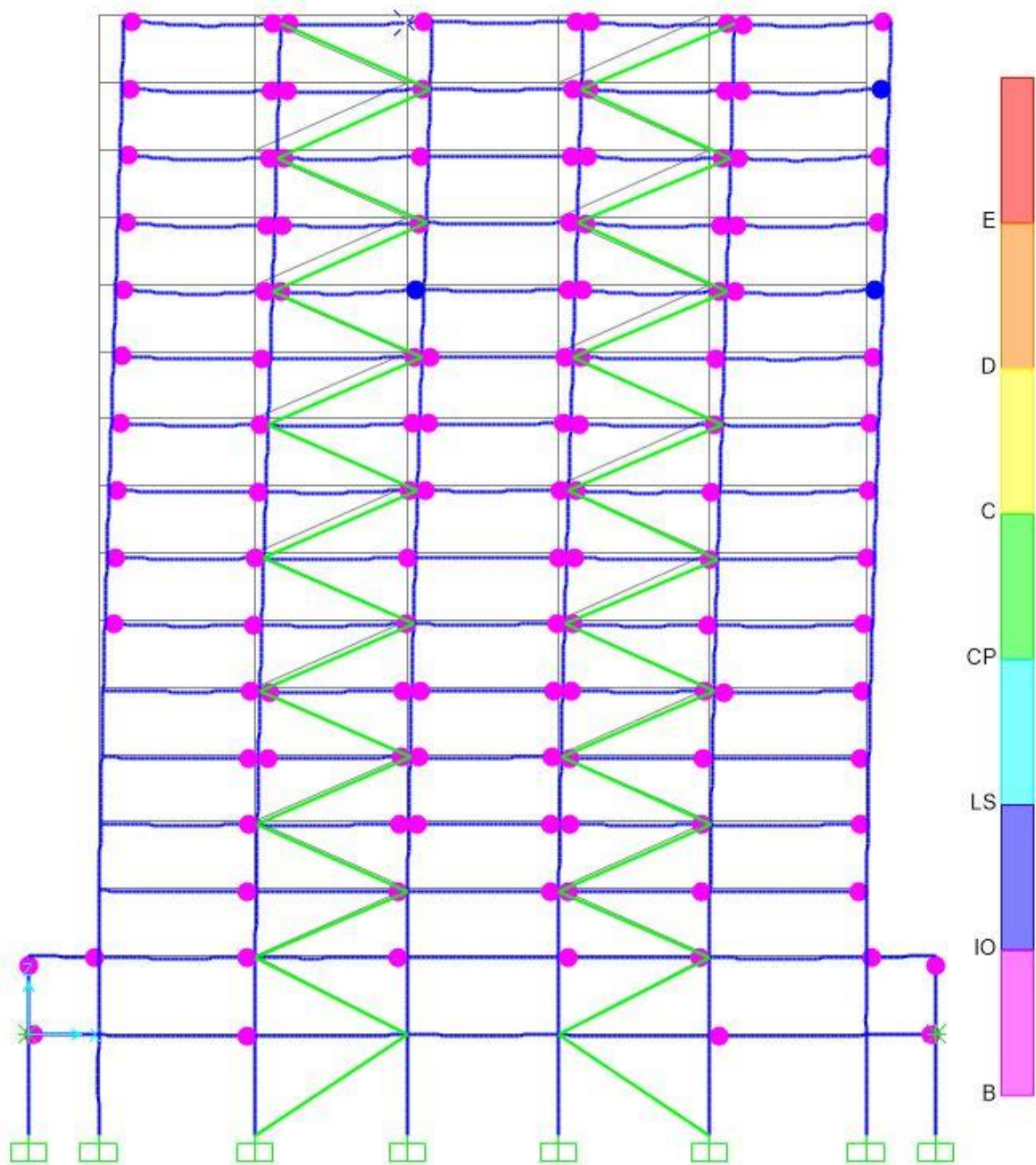


Figura 76: Rotulas plásticas en el paso 23 del AENL – E. Disp. Diagonal

Fuente: Propia



c) Formación de rotulas plásticas – Modelo Disp. Chevron Diagonal

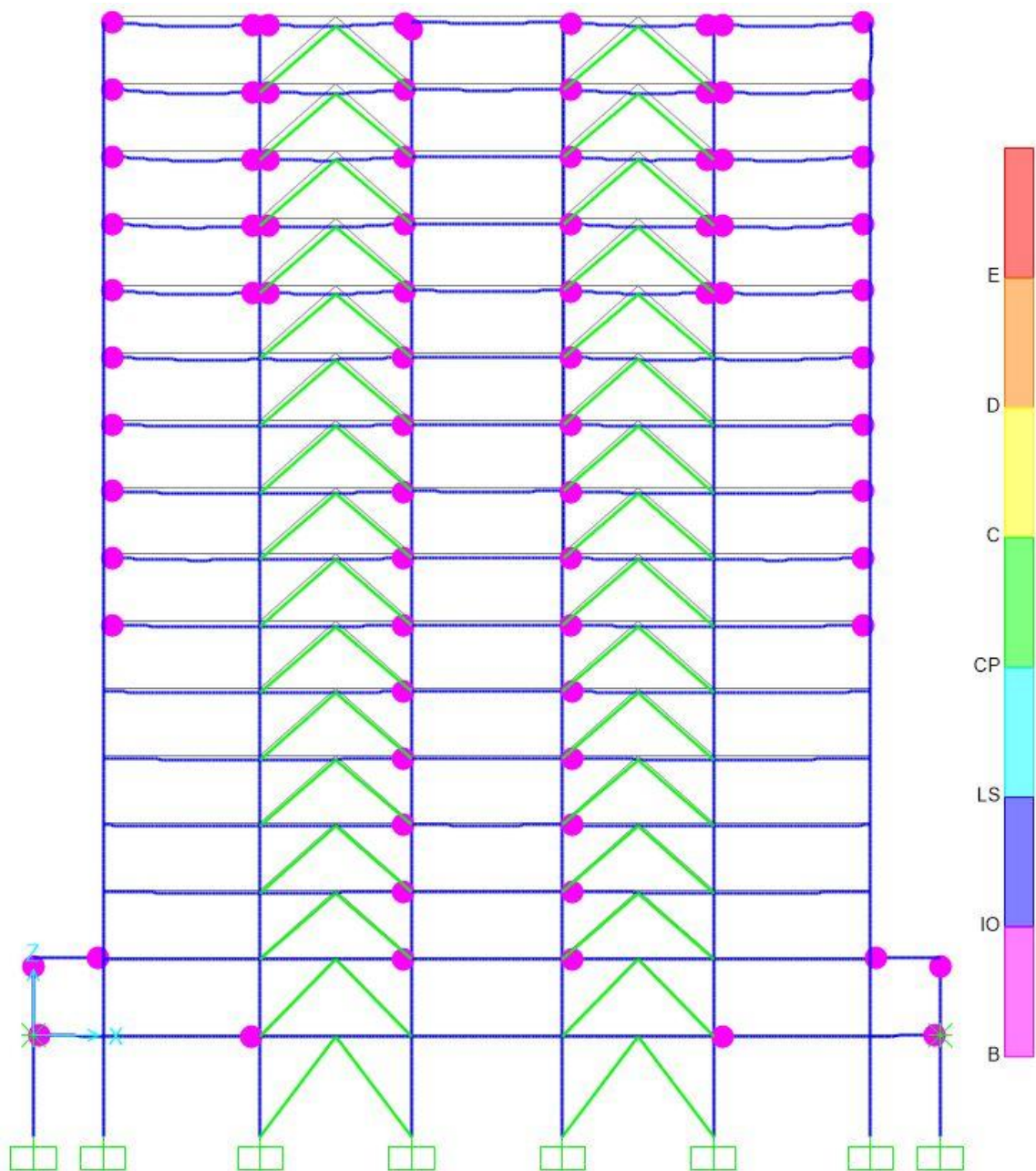


Figura 77: Rotulas plásticas en el paso 01 del AENL – E. Disp. Chevron Diagonal  
Fuente: Propia

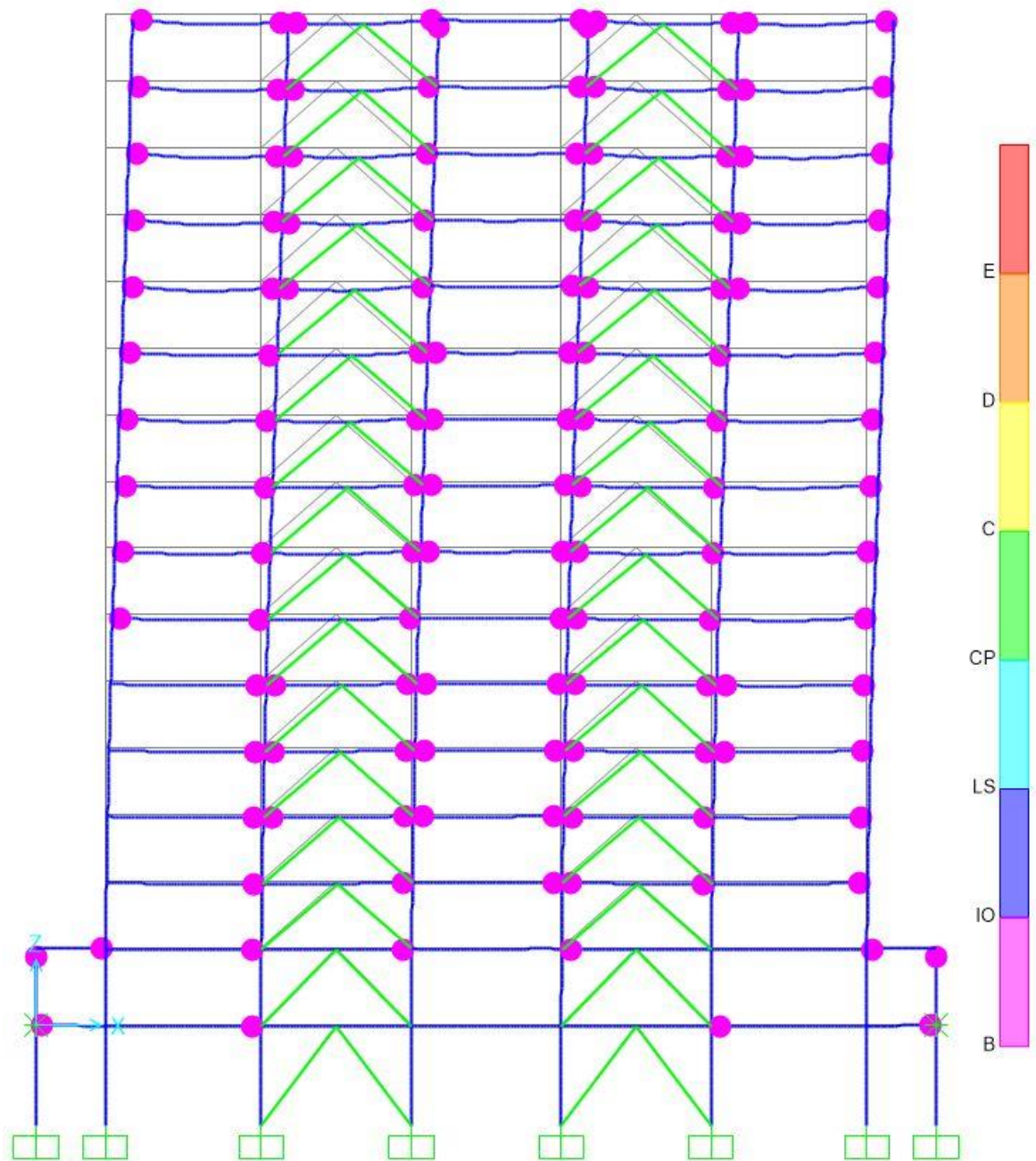


Figura 78: Rotulas plásticas en el paso 23 del AENL – E. Disp. Chevron Diagonal

Fuente: Propia

De las figuras se observa como los elementos de la estructura ingresan a incursionar en el rango no elástico, consecuentemente, la formación de rotulas plásticas.

Es notoria la incidencia de los disipadores en la estructura, ya que se observa claramente en la formación de rótulas de menor magnitud en la estructura con disipadores que en la estructura patrón.

Por lo tanto, el nivel de desempeño sísmico de la estructura con disipadores en disposición diagonal y chevron diagonal según FEMA 440 en Sap2000 es de **Ocupación inmediata**, lo que Según la matriz de desempeño sísmico de VISION 2000 es **Operacional**.

En las figuras 79 a 81 se muestra la curva de capacidad y el punto de desempeño.

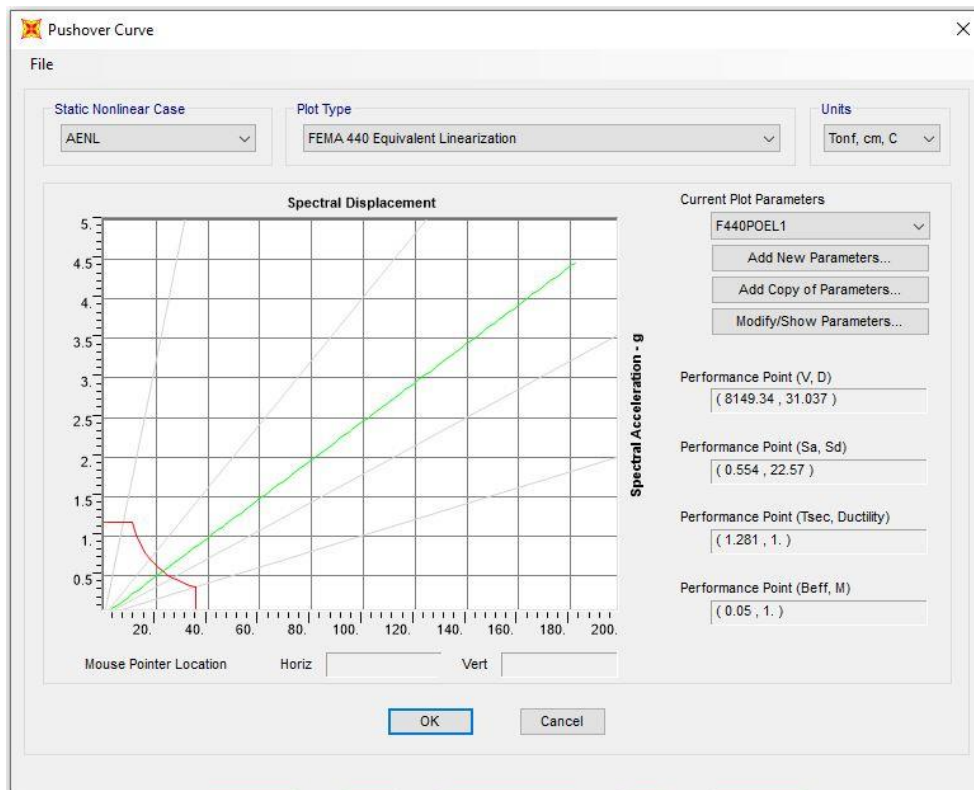


Figura 79: Curva de capacidad y punto de desempeño Estructura patrón

Fuente: Propia

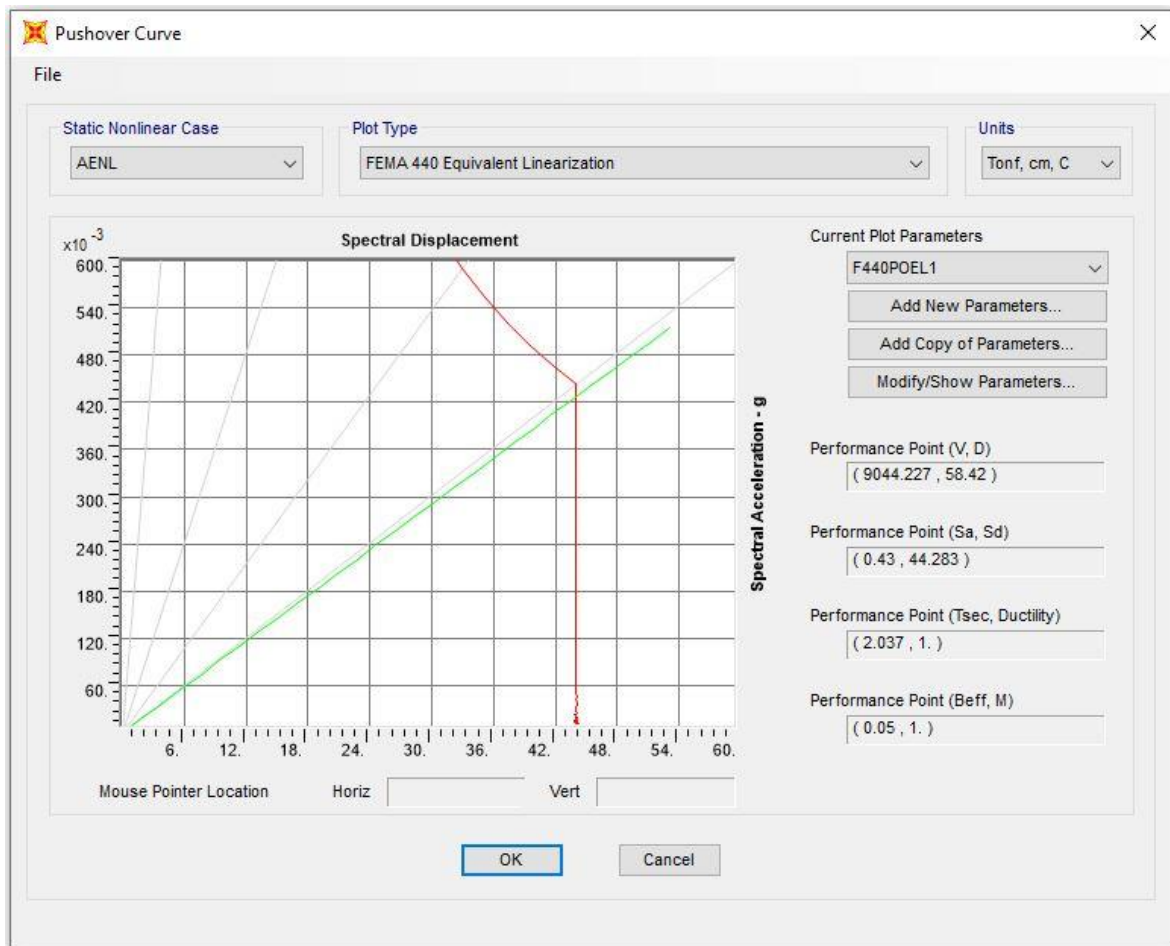


Figura 80: Curva de capacidad y punto de desempeño Estructura con disipadores en disp. Diagonal

Fuente: Propia

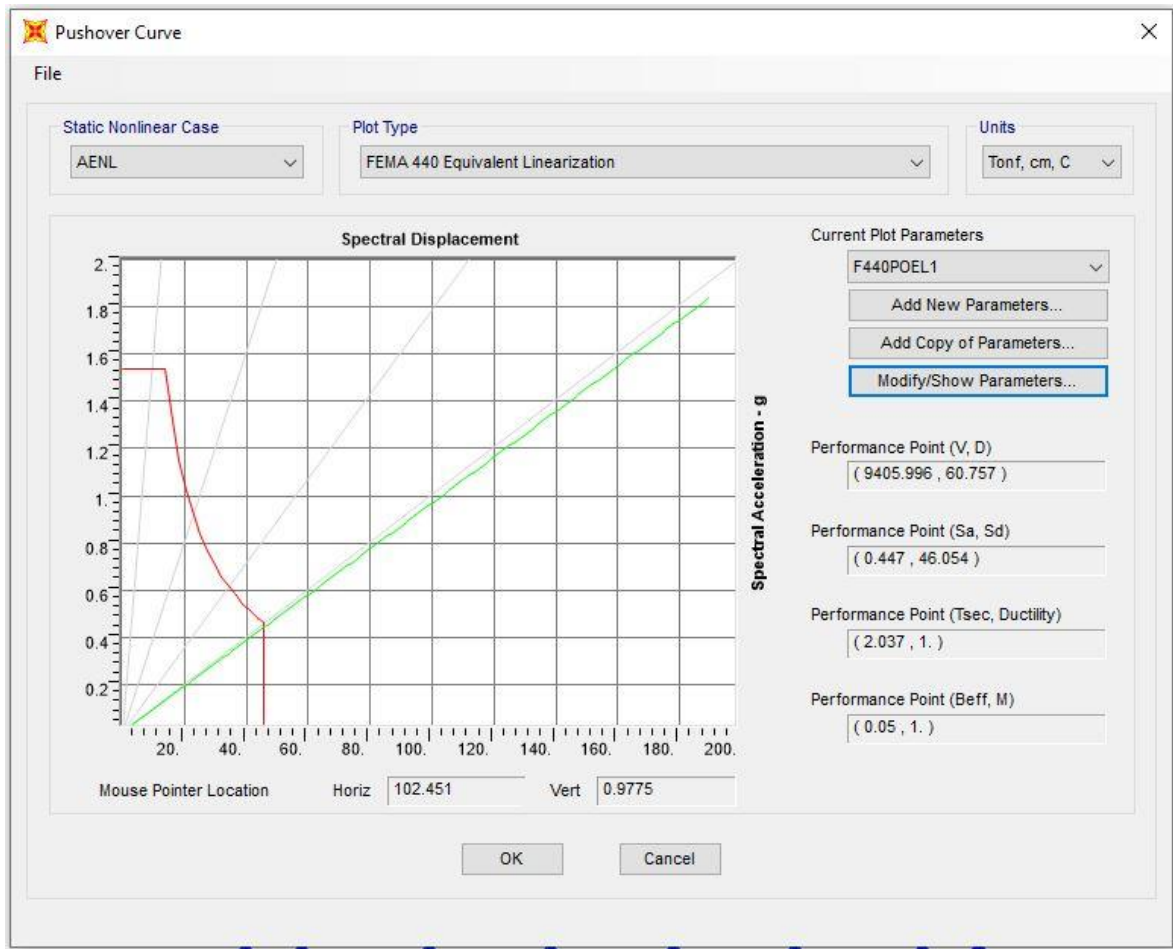


Figura 81: Curva de capacidad y punto de desempeño Estructura con disipadores en disp. Diagonal

Fuente: Propia

En las figuras mostradas se presentan los puntos de desempeño llegando a soportar como desplazamiento máximo en la estructura patrón de 31.04 cm y una fuerza cortante de 8,149.34 Tn, mientras que la estructura con disipadores en disposición diagonal presentó un desplazamiento de 58.42 cm y llegó a soportar una fuerza de cortante de 9,044.23 Tn y la estructura con disipadores en disposición Chevron diagonal presentó un desplazamiento de 60.76 cm y un cortante de 9,406.00 Tn

## V. DISCUSSION

## DISCUSIÓN 01

Al concluir el análisis del nivel de desempeño sísmico del edificio multifamiliar de 15 niveles, primero en su estado convencional, y luego con disipadores incorporados en disposiciones diagonal y chevron diagonal respectivamente, la edificación ante la ocurrencia de un sismo severo, estará en la capacidad de soportar las solicitaciones liberadas de manera que proporcionará, estabilidad y el resguardo de vida de sus ocupantes, es decir que, en la estructura se presentarán fisuraciones y rotulas plásticas, pero no colapsará. Con esto se afirma la hipótesis general de esta investigación.

De acuerdo con los resultados, la estructura analizada tanto con disipadores en disposición diagonal como con disipadores en disposición chevron diagonal, cumplen con la deriva objetivo impuesta por el manual HAZUS que es de 0.0043, sin embargo se puede afirmar que la estructura en disposición chevron diagonal ejerce un mejor nivel de desempeño sísmico, debido a que presenta desplazamientos, derivas, fuerzas cortantes y momentos flectores menores que la estructura analizada con disipadores en disposición diagonal.

CASANA, Marino en su tesis *titulada* “Desempeño Sísmico de un Edificio de 14 pisos con Disipadores de Energía en la ciudad de Tumbes – 2018, obtiene como resultado que su estructura diseñada podrá soportar sin ningún inconveniente la ocurrencia de un sismo severo, además de ello, brindar la seguridad de vida de sus ocupantes, teniendo un leve, moderado a reparable daño.

Al respecto Villareal y Oviedo mencionan que es muy importante tener en consideración la disposición o ubicación de los disipadores de manera que la estructura no tenga cambios bruscos de rigidez. Por tanto, a pesar de mejorar el desempeño de la edificación, sería riesgoso colocar una mala distribución de los dispositivos.

Respecto a lo mencionado en las teorías, el comité visión 2000, luego el FEMA, ATC y por último ASCE, especifican estos parámetros, los cuales, en base a procedimientos reducidos y equivalentes, se puede determinar, los parámetros

necesarios para que la estructura pueda tener una performance esperada, es decir, diseñar la estructura de tal manera que, se tenga un control de su respuesta, tales como, periodos de vibración, fuerzas cortantes y axiales, momentos flectores y desplazamientos límites de la estructura, a esto se le conoce como **diseño por desempeño**.

Esta metodología se establece claramente en los manuales HASUS, VISION 2000 y FEMA 356 para el cálculo del amortiguamiento necesario en la rehabilitación de estructuras con dispositivos de disipación de energía sísmica. Esto está ligado directamente con los parámetros inherentes de los disipadores.

El diseño sismorresistente basado en desempeño considero en gran manera su utilidad, el cual, es imprescindible, independientemente de que, si las estructuras son importantes, esenciales o comunes, pues al final, si la estructura colapsa ante un sismo de alta severidad, perdemos todos, sin embargo, si la estructura permanece, aunque con fallas leves moderadas y reparables, se evitará muchas desgracias.

## **DISCUSIÓN 02**

La primera hipótesis específica resalta la importancia de los parámetros inherentes de los disipadores sísmicos. Estos parámetros son las propiedades tales como, la constante de amortiguamiento, la rigidez de los disipadores y el exponente de la no linealidad.

Estos parámetros fueron calculados mediante la metodología de diseño de disipadores de energía sísmica estipulados en el manual del comité VISION 2000 HASUS. Esta metodología consiste en determinar una deriva objetivo respecto a la deriva resultante del análisis sísmico más desfavorable.

Al respecto, (FEMA 273/274/356 Caps. 9 & ASCE/SEI 7-10, Cap.18): muestra la ecuación general para calcular la constante de amortiguamiento. Ver ecuación 1.14:



$$C_{di} = \frac{2 \pi * A^{1-\alpha} * \omega_i^{2-\alpha} \sum (m_i * \theta_i^2)}{\lambda * \sum \theta_i^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_i} * \xi_{dis} \quad \text{Ec: 1.14}$$

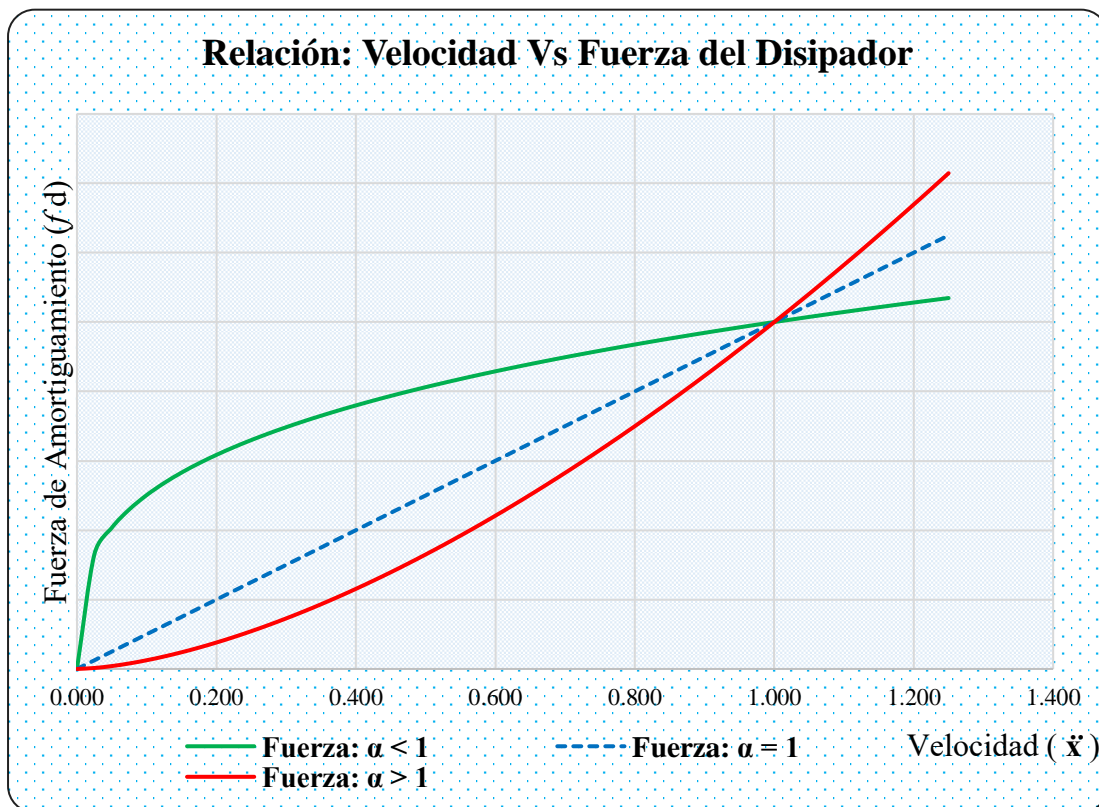
De igual manera la rigidez del disipador:  $K = \frac{EA}{L}$  Ec: 1.21

Según la figura 07 se muestra la relación del exponente de no linealidad con la fuerza cortante. Comprender esta relación es imprescindible, ya que de ello depende la disipación de la energía sísmica.

Medina, 2017 en su tesis menciona que para “el análisis de edificaciones es recomendable un exponente de velocidad < 1, [...] (p.51), esto se debe a que el disipador absorbe una gran cantidad de fuerza con velocidades muy pequeñas.

Al respecto CDV Ingeniería Antisísmica recomienda utilizar un rango de  $\alpha$  entre 0.4 y 0.6

Bajo este criterio, en esta investigación se eligió en valor de  $\alpha = 0.50$

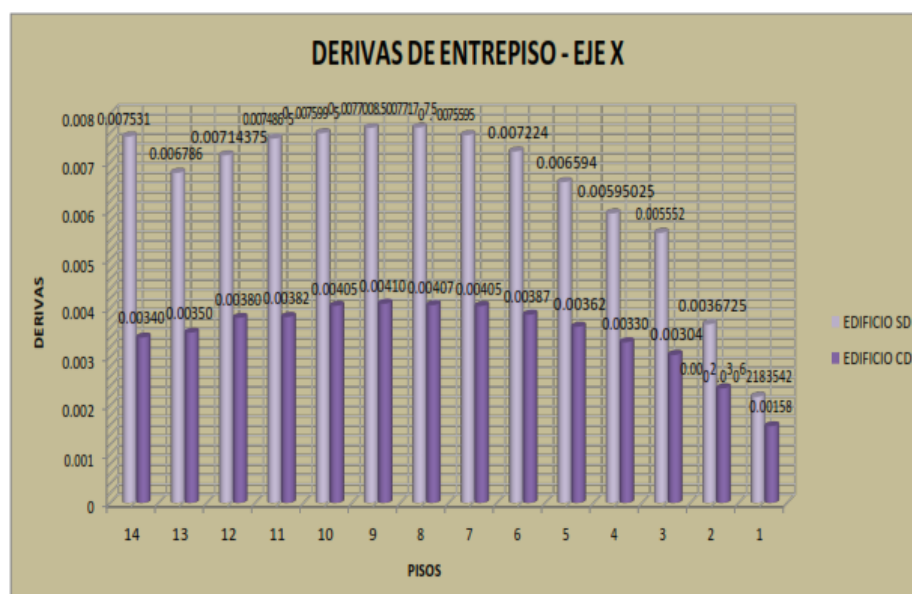


### DISCUSIÓN 03

En el análisis comparativo de la estructura con disipadores en disposición diagonal y chevron diagonal con la estructura patrón, se obtuvieron resultados muy interesantes, los cuales al contrastarlo con las investigaciones previas coinciden en gran parte.

ALVAREZ, (2017), en su Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, titulada “Análisis y Diseño de Disipadores Sísmicos de Fluido Viscoso para Control de la Respuesta Sísmica de Edificaciones en Huancayo 2017” dice que las distorsiones excesivas de entrepiso se lograron reducir considerablemente hasta ponerlas por debajo de la máxima permisible especificada en la norma que es de 0.007 para concreto armado y 0.005 para albañilería, por otro lado, los esfuerzos cortantes y momentos flectores de vigas y columnas en su gran mayoría que se ven disminuidas gracias a la incorporación de estos dispositivos

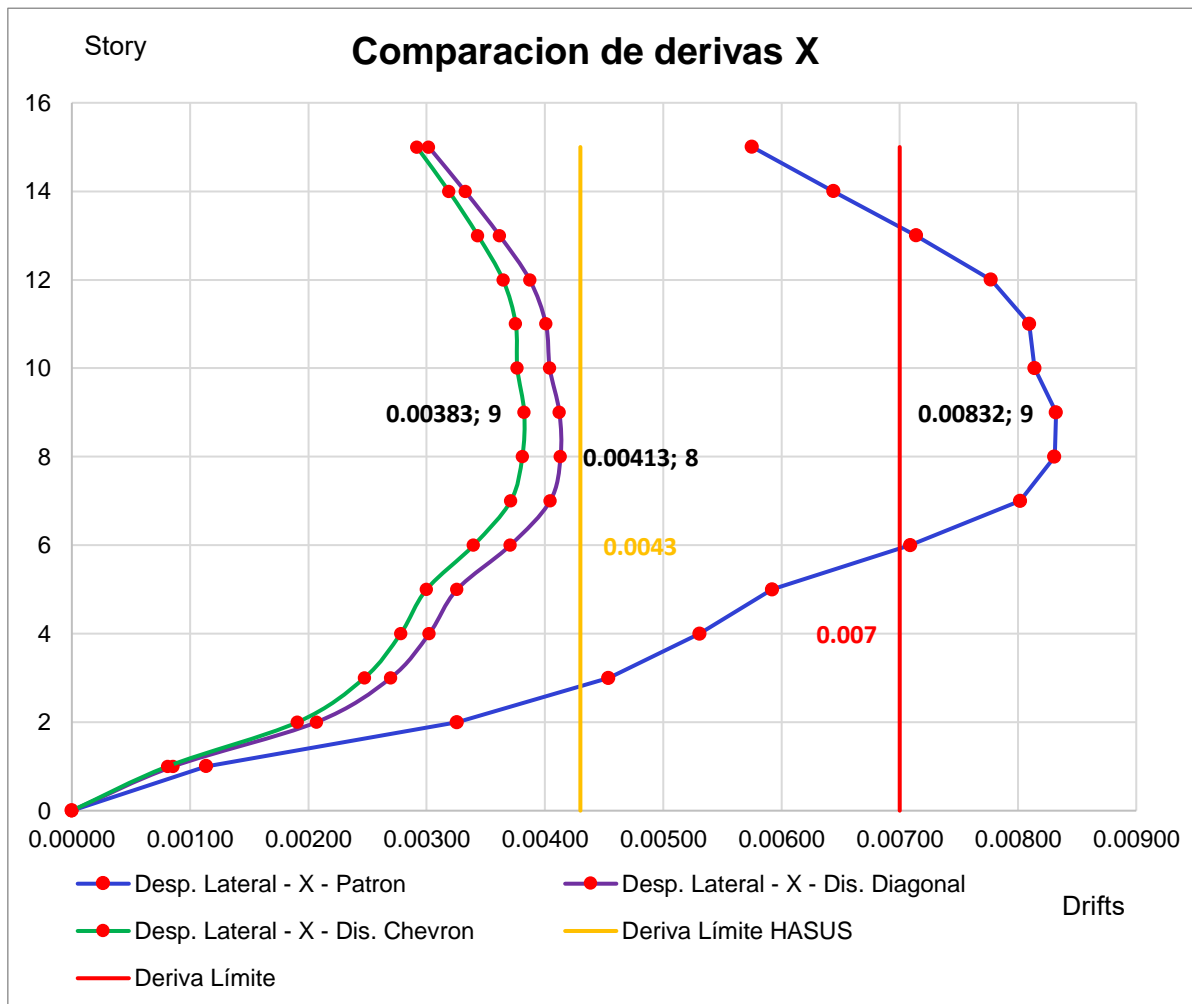
Por otro lado, CALCINA, (2017), en su Tesis presentada como requisito para optar el grado académico de: Maestro en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras, titulada “Evaluación del Desempeño Sísmico de un Edificio de Once Pisos Utilizando Análisis Estático y Dinámico No-Lineal”, observó claramente la formación de las rotulas plásticas en todos los elementos estructurales, consecuente mente se identificó las secuencias en que los elementos llegan a la falla.



Fuente: Figura 97 – Tesis Casana Marino – pág. 213

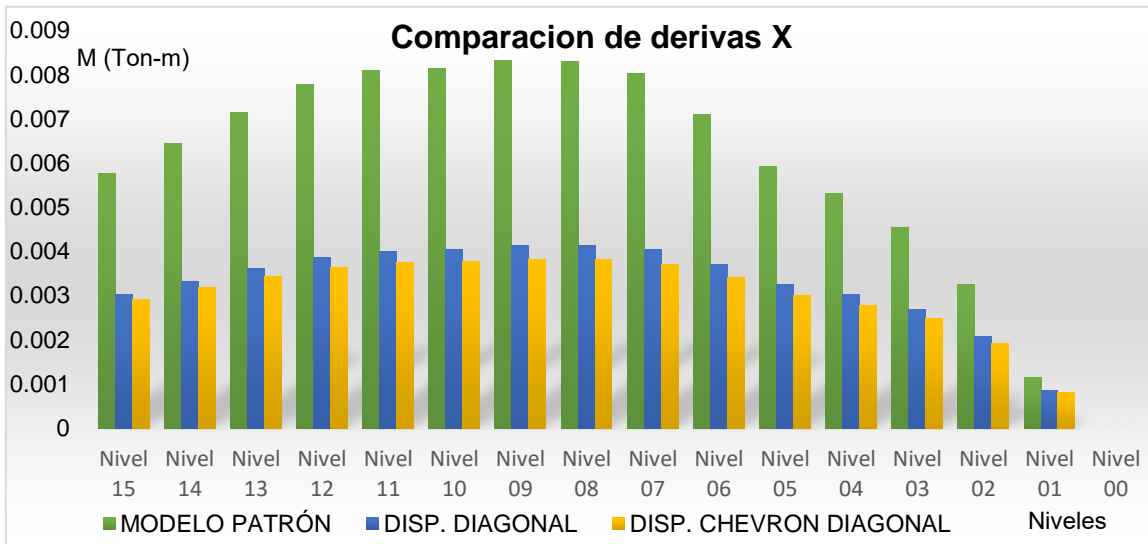
Casana Marino, en su tesis “Desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos con disipadores de energía en la ciudad de Tumbes – 2018”, tuvo como resultado la disminución notoria de las derivas de entrepiso tanto en la dirección **X** como **Y**, llegando a tener una reducción máxima de hasta 53% en X mientras en Y una reducción de 55%.

En esta investigación, se fijó una deriva objetivo de 0.0043 y se tuvo una reducción máxima en disposición diagonal de 50% en X mientras que en la otra dirección una reducción máxima de 69%



Ver: Figura 54 *Derivas máximas en X → Estructura con disipadores en disposición diagonal y con disipadores en disposición Chevron diagonal*

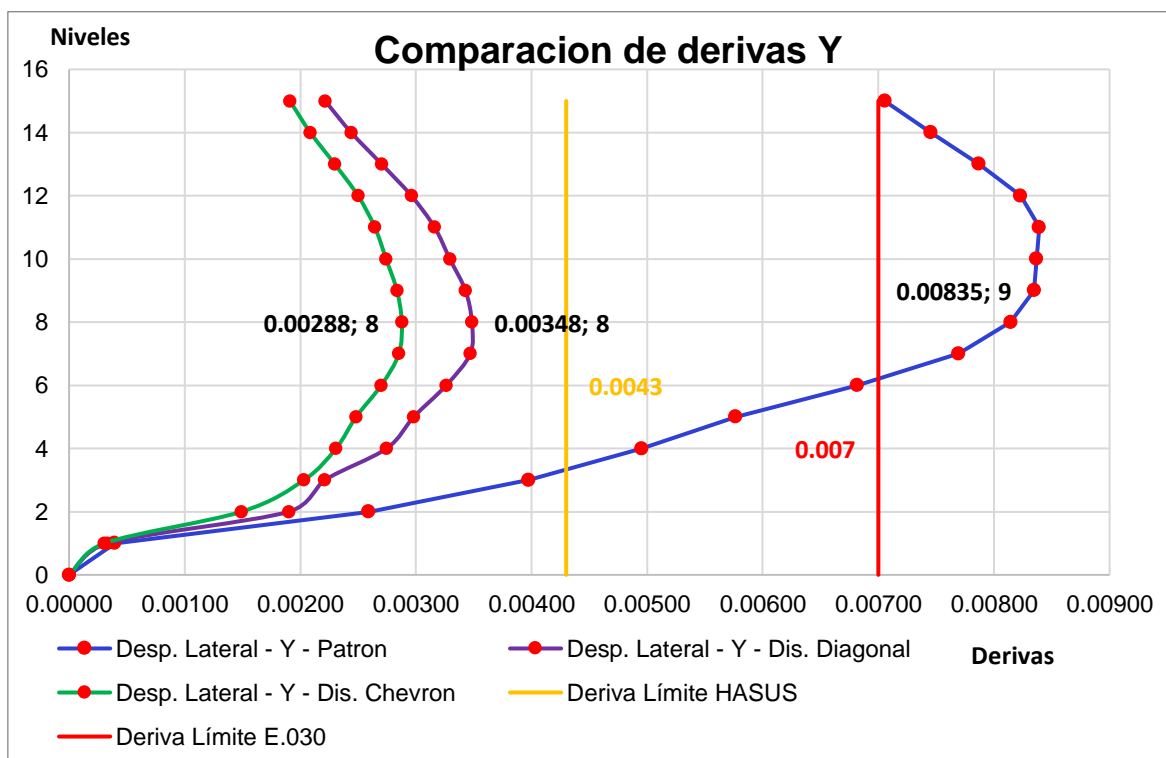
Fuente: *Propia*



Ver Figura: 55 Comparación de derivas entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección X

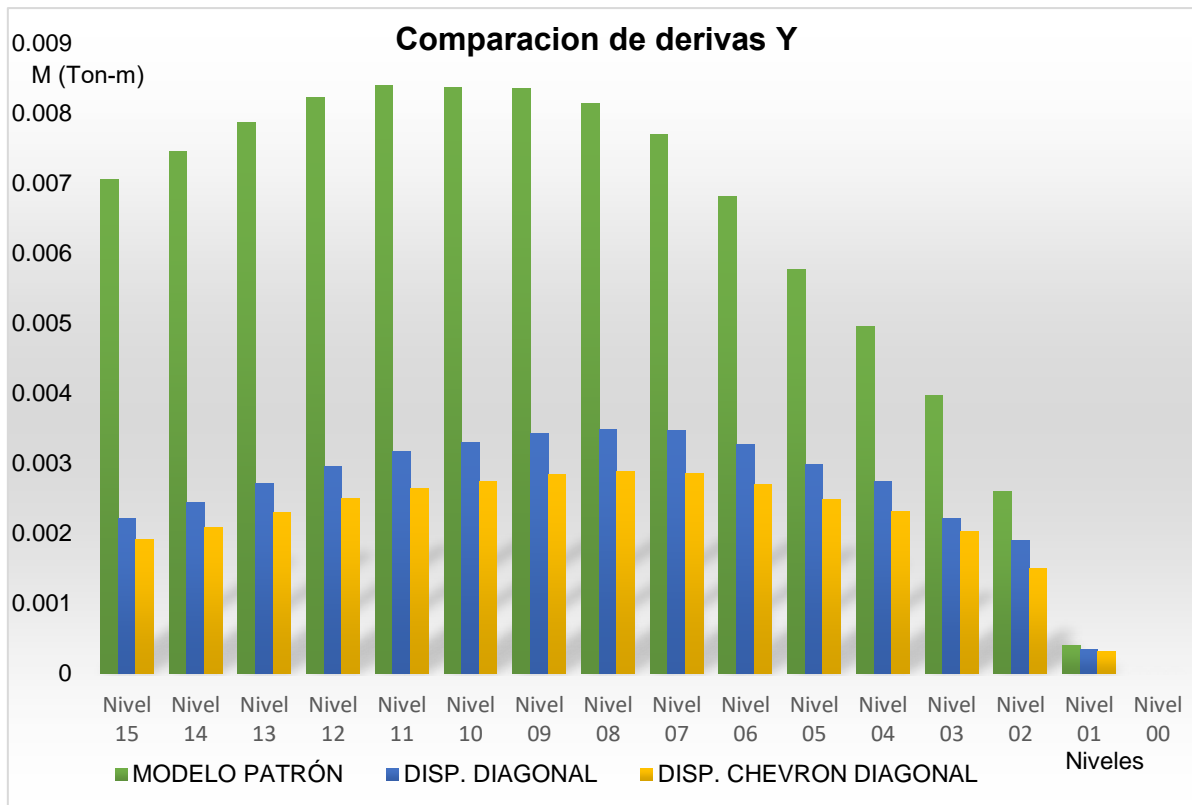
Fuente: Propia

Por otro lado, la máxima reducción en disposición en chevron diagonal en X fue de 54% mientras que en la otra dirección 73%



Ver: Figura 56 Derivas máximas en Y → Estructura con disipadores en disposición diagonal y con disipadores en disposición Chevron diagonal

Fuente: Propia



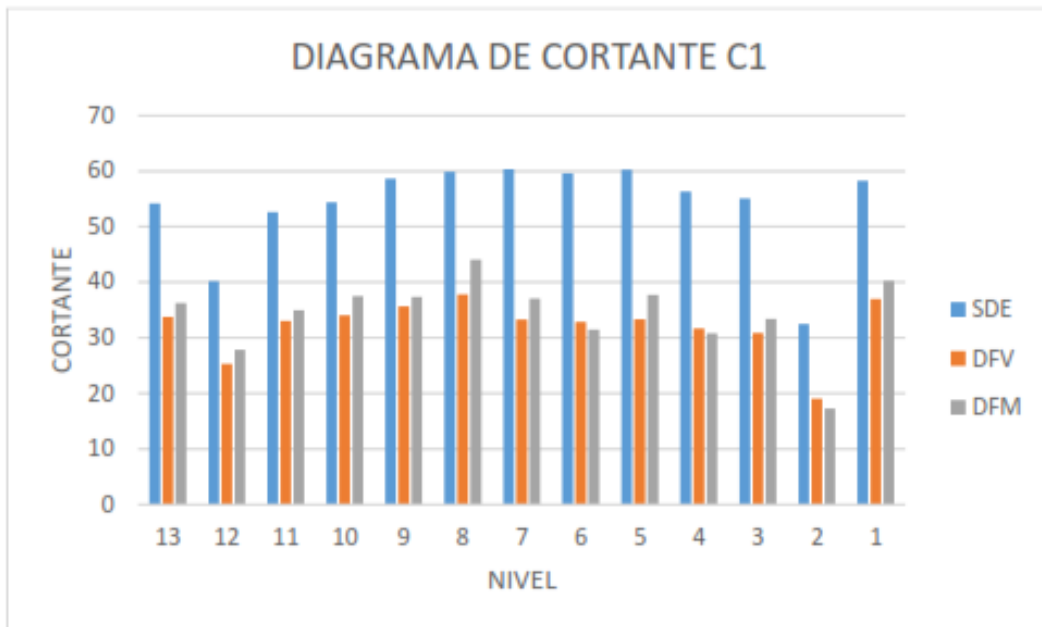
Ver figura 58: Comparación de desplazamientos entre estructura patrón, estructura con disipadores en disposición diagonal y estructura con disipadores en disposición en chevron diagonal en la dirección Y

Fuente: Propia

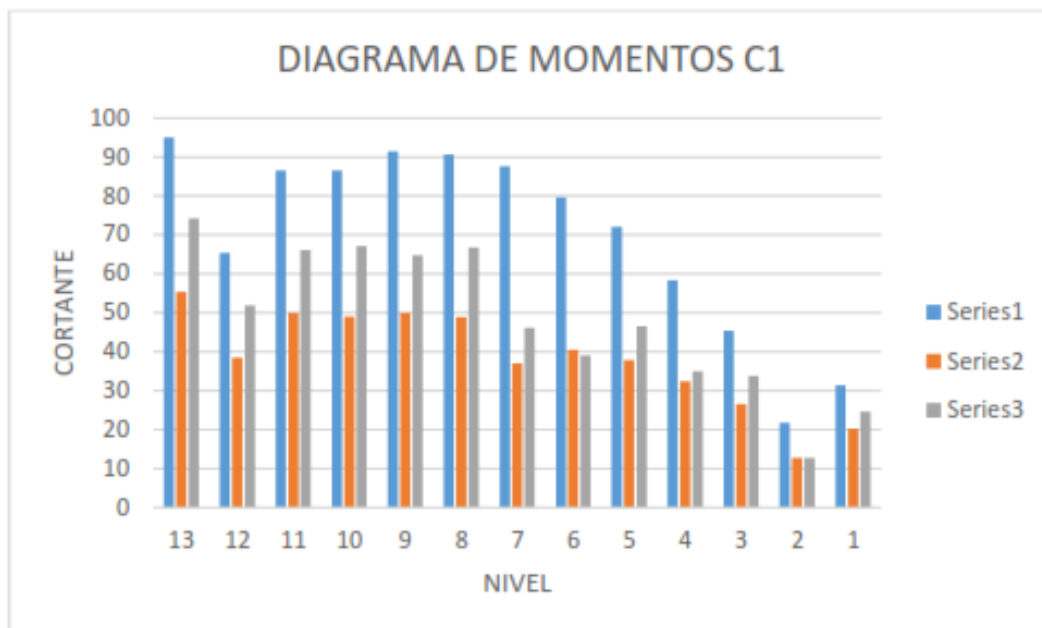
Concuerdo con los resultados de Casana Marino porque al incorporar disipadores sísmicos, el obtuvo unos resultados muy parecidos los mostrados en esta investigación.

Al reducir los desplazamientos, lógicamente se logró una importante reducción en los esfuerzos de los elementos estructurales, consecuentemente, el nivel de desempeño sísmico, se mejoró considerablemente.

Al respecto Medina López, en su tesis Análisis comparativo de desempeño sísmico entre el sistema de reforzamiento convencional con muros estructurales y los sistemas de disipación pasiva de energía viscoelásticos e hysteréticos para el edificio multifamiliar “Vilchez”, obtuvo reducciones de fuerzas muy importantes, tal y como se detalla en la siguiente tabla:



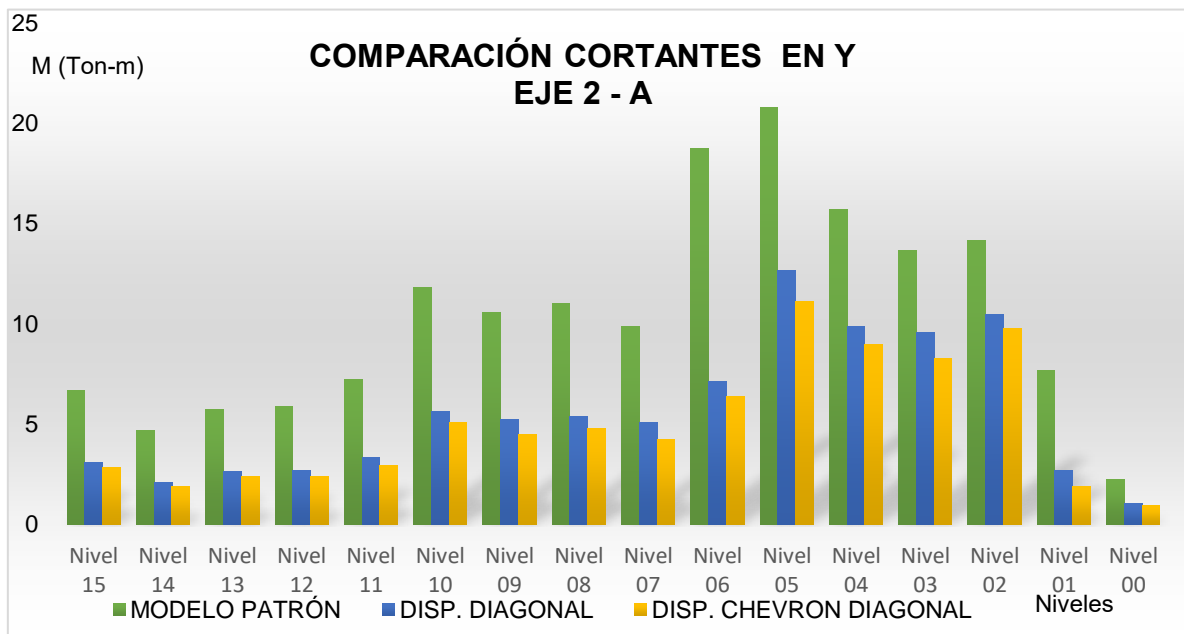
Fuente: Medina López figura 85: Reducción fuerzas – pág. 145.



Fuente: Medina López figura 86: Reducción de Momentos – pág. 145.

Medina, en sus resultados tienen una reducción máxima de fuerzas cortantes de 44.90%, con disipadores de fluido viscoso, mientras que, en los momentos flectores tiene una reducción máxima de 57.72 %.

Los resultados de Medina en contraste con los resultados de este proyecto, tienen mucha similitud tal y como se puede mostrar en las siguientes figuras y tablas:



Ver: Figura 62: Comparación fuerza cortante columna EJE 2 – A

Fuente: Propia

Ver: Tabla 43 reducción fuerza cortante en el eje 2r

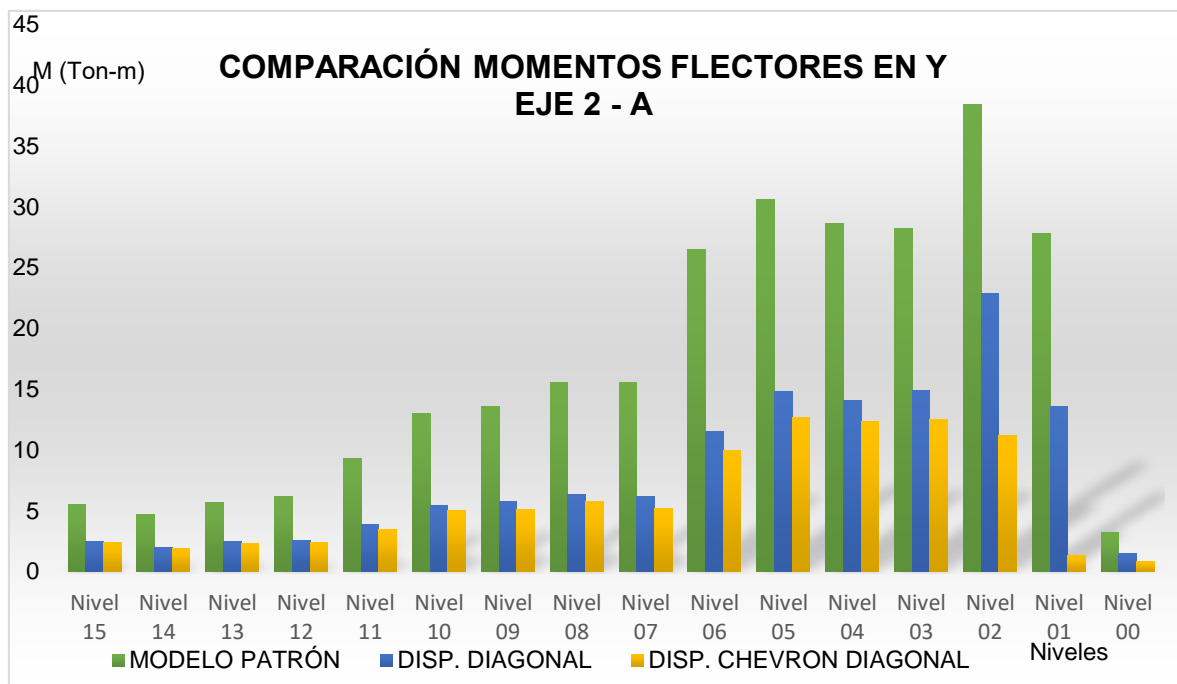
Fuerzas (Tn)		REDUCCIÓN DISP. DIAGONAL			
EJES		A	B	C	
# Piso	Nivel	FY DA	FY DB	FY DC	Prom
Nivel 15	45.5	53.97%	75.47%	95.23%	74.89%
Nivel 14	42.5	55.89%	73.47%	90.13%	73.16%
Nivel 13	39.5	54.10%	71.78%	88.49%	71.46%
Nivel 12	36.5	54.53%	70.42%	85.66%	70.20%
Nivel 11	33.5	53.94%	68.88%	83.77%	68.87%
Nivel 10	30.5	52.16%	67.84%	82.95%	67.65%
Nivel 09	27.5	50.71%	65.33%	79.20%	65.08%
Nivel 08	24.5	51.27%	64.70%	78.46%	64.81%
Nivel 07	21.5	48.68%	61.92%	74.64%	61.75%
Nivel 06	18.5	61.88%	60.29%	73.85%	65.34%
Nivel 05	15.5	39.00%	55.88%	71.29%	55.39%
Nivel 04	12.5	37.40%	52.31%	67.00%	52.24%
Nivel 03	9.5	30.01%	46.68%	61.94%	46.21%
Nivel 02	6.5	26.11%	39.41%	52.94%	39.49%
Nivel 01	3.5	65.23%	54.61%	34.00%	51.28%
Nivel 00	0				
		48.99%	61.93%	74.64%	61.85%
					61.85%

Fuente: Propia

Ver: Tabla 44 reducción fuerza cortante en el eje 2y

Fuerzas (Tn)		REDUCCIÓN DISP. CHEVRON DIAGONAL			
EJES		A	B	C	
# Piso	Nivel	FY CHA	FY CHB	FY CHC	Prom
Nivel 15	45.5	57.42%	79.45%	96.78%	<b>77.88%</b>
Nivel 14	42.5	59.74%	77.21%	93.42%	<b>76.79%</b>
Nivel 13	39.5	58.64%	76.47%	91.69%	<b>75.60%</b>
Nivel 12	36.5	59.32%	75.45%	89.37%	<b>74.71%</b>
Nivel 11	33.5	59.47%	74.97%	87.98%	<b>74.14%</b>
Nivel 10	30.5	57.00%	73.90%	86.95%	<b>72.61%</b>
Nivel 09	27.5	57.52%	72.72%	84.39%	<b>71.55%</b>
Nivel 08	24.5	56.53%	71.98%	82.78%	<b>70.43%</b>
Nivel 07	21.5	56.81%	71.01%	80.27%	<b>69.36%</b>
Nivel 06	18.5	66.04%	68.78%	78.19%	<b>71.00%</b>
Nivel 05	15.5	46.51%	65.93%	76.50%	<b>62.98%</b>
Nivel 04	12.5	43.00%	62.07%	71.02%	<b>58.70%</b>
Nivel 03	9.5	39.31%	59.40%	66.79%	<b>55.17%</b>
Nivel 02	6.5	30.98%	50.30%	53.78%	<b>45.02%</b>
Nivel 01	3.5	75.69%	49.72%	66.82%	<b>64.08%</b>
Nivel 00	0				
		54.93%	68.62%	80.45%	<b>68.00%</b>
					<b>68.00%</b>

Fuente: Propia



Ver: Figura 68 Comparación momento flector columna EJE 2 – A

Fuente: Propia



Ver: Tabla 49 reducción momento flector en el eje 2y

Momento (Tn – m)		REDUCCIÓN DISP. DIAGONAL			
EJES		A	B	C	
# Piso	Nivel	MY DA	MY DB	MY DC	Prom
Nivel 15	45.5	54.66%	77.19%	97.77%	76.54%
Nivel 14	42.5	57.51%	76.81%	95.83%	76.72%
Nivel 13	39.5	56.94%	74.79%	92.83%	74.85%
Nivel 12	36.5	58.89%	73.47%	89.72%	74.03%
Nivel 11	33.5	58.86%	71.34%	86.26%	72.15%
Nivel 10	30.5	58.29%	70.55%	85.39%	71.41%
Nivel 09	27.5	57.84%	68.48%	81.80%	69.37%
Nivel 08	24.5	59.29%	67.84%	80.47%	69.20%
Nivel 07	21.5	60.17%	66.23%	76.29%	67.56%
Nivel 06	18.5	56.74%	63.28%	74.54%	64.85%
Nivel 05	15.5	51.54%	59.50%	71.64%	60.89%
Nivel 04	12.5	50.96%	57.06%	68.35%	58.79%
Nivel 03	9.5	47.05%	52.23%	62.39%	53.89%
Nivel 02	6.5	40.58%	44.35%	51.39%	45.44%
Nivel 01	3.5	51.26%	47.76%	37.61%	45.54%
Nivel 00	0				
		54.70%	64.73%	76.82%	65.42%
					65.42%

Fuente: Propia

Ver: Tabla 50 reducción momento flector en el eje 2y

Momento (Tn – m)		REDUCCIÓN DISP. CHEVRON DIAGONAL			
EJES		A	B	C	
# Piso	Nivel	MY CHA	MY CHB	MY CHC	Prom
Nivel 15	45.5	57.22%	80.51%	99.42%	79.05%
Nivel 14	42.5	59.23%	79.81%	97.78%	78.94%
Nivel 13	39.5	59.25%	78.60%	95.17%	77.67%
Nivel 12	36.5	61.34%	77.57%	92.24%	77.05%
Nivel 11	33.5	62.85%	76.78%	89.75%	76.46%
Nivel 10	30.5	61.37%	75.76%	88.59%	75.24%
Nivel 09	27.5	62.69%	74.98%	86.17%	74.61%
Nivel 08	24.5	63.23%	74.27%	84.00%	73.83%
Nivel 07	21.5	66.80%	74.32%	81.54%	74.22%
Nivel 06	18.5	62.36%	71.23%	79.04%	70.87%
Nivel 05	15.5	58.56%	68.85%	77.14%	68.18%
Nivel 04	12.5	56.80%	66.08%	72.61%	65.17%
Nivel 03	9.5	55.72%	63.62%	68.22%	62.52%
Nivel 02	6.5	70.90%	54.33%	55.53%	60.25%
Nivel 01	3.5	95.28%	50.58%	54.86%	66.91%
Nivel 00	0				
		63.57%	71.15%	81.47%	72.07%
					72.07%

Fuente: Propia

Las tablas citadas, muestran un promedio general de la reducción de la fuerza cortante y los momentos flectores de las dos estructuras reforzadas con disipadores en disposición diagonal y disposición chevron diagonal respectivamente. De manera que, se cumple lo mencionado en la hipótesis específica 02 que el análisis de desempeño sísmico del edificio con disipadores de fluido viscoso, genera magnitudes tales que favorecen el desempeño de la estructura.

#### **DISCUSIÓN 04**

La fuerza cortante en los elementos analizados, se logró reducir en un 61.85% en disposición diagonal y en un 65.42% con los disipadores en disposición chevron diagonal, y los momentos flectores en un promedio de 68% y 72.07% en disposición diagonal y chevron diagonal respectivamente.

En comparación con Medina, los resultados de esta investigación son más conservadores, esto debido a que, la deriva objetivo, ya no era solamente para un nivel de desempeño sísmico de seguridad de vida según la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 de 0.007 para estructuras de concreto armado, si no que según Fema y la metodología HAZUS de VISION 2000 se fijó una deriva objetivo de 0.0043 para un nivel de desempeño sísmico operacional

En definitiva, se verifica lo indicado en la hipótesis específica 03, que el empleo de disipadores de fluido viscoso tanto en disposición diagonal como en disposición chevron diagonal, mejoran la respuesta de la estructura del Edificio regular de 15 niveles.

## **VI. CONCLUSIONES**

En el proyecto de investigación denominado: Influencia de la disposición de disipadores de fluido viscoso en el nivel de desempeño sísmico de un edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019, se obtuvieron resultados que se analizaron y contrastaron con investigaciones previas, consecuentemente, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

#### **Conclusión General:**

- Se comprobó que las diferentes disposiciones de los disipadores de fluido viscoso, mejoraron significativamente el nivel de desempeño sísmico del edificio regular de 15 niveles, con un nivel de desempeño sísmico de **operacional**. En ambos sistemas de disipación tanto en disposición diagonal como chevron diagonal, se presentó el mismo nivel de desempeño sísmico, sin embargo, se obtuvo una mejor respuesta en el sistema de disipación de energía en disposición Chevron Diagonal. Esta mejora en la respuesta estructural, se mostró principalmente en la reducción de desplazamientos laterales, luego en la reducción de fuerzas cortantes en los elementos verticales y, por último, una notoria reducción de los momentos. La verificación con el Análisis Estático No Lineal, cumplió con lo planteado en los resultados, por el diseño por desempeño basado en la metodología HAZUS.

#### **Conclusiones específicas:**

- Se evaluó la influencia de los parámetros inherentes de los disipadores de fluido viscoso, comprobándose que sus propiedades, fueron datos imprescindibles que delimitaron las características de la respuesta estructural del edificio regular de 15 niveles. Ya que, una vez modelado los disipadores con sus respectivas propiedades en el programa SAP2000, se procedió a extraer los siguientes resultados:

En las figuras 41 y 42 se muestran los resultados de los desplazamientos reducidos con la incorporación de los disipadores en disposición diagonal. Y en las figuras 49 y 50 los resultados de los desplazamientos reducidos con la incorporación de los disipadores en disposición chevron diagonal. Estos valores se redujeron respecto a la disposición diagonal, en X un rango de 25% a 50%, y en Y un rango de 16% a 69%; mientras que en disposición chevron diagonal se redujeron en X un rango de 29% a 54% y en Y un rango de 22% a 73%.

- Después de efectuar los cálculos en el software SAP2000 se logró determinar los momentos, fuerzas, desplazamientos y derivas en la edificación, consecuentemente, el análisis comparativo de la estructura con disipadores en disposición diagonal y chevron diagonal con la estructura patrón, se obtuvieron resultados muy interesantes, tales que redujeron las magnitudes favoreciendo en gran manera el nivel de desempeño sísmico.

En cuanto a las derivas máximas en disposición diagonal se tuvo una reducción máxima en disposición diagonal de 50% en **X** mientras que en la **otra dirección** una reducción máxima de 69% Por otro lado, la máxima reducción en disposición en chevron diagonal en **X** fue de 54% mientras que en la **otra dirección** 73% (Ver figura, 44 y 52), Al reducir los desplazamientos, lógicamente se logró una importante reducción en los esfuerzos de los elementos estructurales, consecuentemente, el nivel de desempeño sísmico, se mejoró considerablemente.

- Se demostró que las diferentes disposiciones de los disipadores de fluido viscoso, modificaron la respuesta de la estructura. Lográndose una reducción de la fuerza cortante de los elementos analizados, en un 61.85% con los disipadores en disposición diagonal y en un 65.42% en disposición chevron diagonal, y los momentos flectores en un promedio de 68% y 72.07% en disposición diagonal y chevron diagonal respectivamente.

En definitiva, se verifica lo indicado en la hipótesis específica 03, que el empleo de disipadores de fluido viscoso tanto en disposición diagonal como en disposición chevron diagonal, mejoran la respuesta de la estructura del Edificio regular de 15 niveles, por tanto, se concluye que el nivel de desempeño sísmico, propuesto por VISION 2000, es Operacional.

Este resultado se obtuvo a partir de la observación del análisis estático no lineal PushOver en el software sap2000, de la curva de capacidad en donde que la estructura patrón se obtuvo un desplazamiento máximo en el techo de 31.04 cm, mientras que, la estructura con disipadores en disposición diagonal, un desplazamiento máximo en el techo de 58.42 cm, finalmente en disposición chevron diagonal, se obtuvo un desplazamiento máximo en el techo de 60.76 cm que se pudo visualizar en las Figuras 79, 80 y 81 de los resultados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

A lo largo del desarrollo de esta investigación, surgieron muchas dudas e inconvenientes, la principal de ellas fue el alto nivel de indagación y revisión de documentación y normativas tanto nacionales como extranjeras, ya que era un reto muy alto debido a la complejidad del tema, no imposible de realizar, de ninguna manera. Ya al haber finalizado la investigación, se recomienda lo siguiente:

- Es fundamental conocer todos los parámetros normativos, tanto lo que establece la norma peruana como las normas americanas, porque teniendo en cuenta que nuestra normativa no establece procedimientos de cálculo enfocado en el nivel de desempeño sísmico, pero de alguna manera, aunque tácitamente, menciona algunos enfoques en cuanto al tema. Sería mejor que fuera más explícita.
- En cuanto al modelo estructural, es imprescindible entender el lenguaje numérico del software utilizado, es decir, saber de manera objetiva sus funciones y su aplicación. Puesto que, al introducir datos sin ningún criterio técnico, el programa va a calcular, sí, pero los resultados serán completamente erróneos, por esta razón, se recomienda tener mucho cuidado en la definición de datos de entrada, ya que de ello depende la veracidad de los resultados.
- Es muy importante saber que invertir en sistemas de protección sísmica, traerá consigo un beneficio, puesto que, tal y como se ha demostrado en los resultados, mejorará la capacidad resistente de la estructura. Por ello es muy recomendable que las edificaciones nuevas, tengan como objetivo una propuesta de incorporación de disipadores de energía sísmica. Y en las edificaciones antiguas, un plan de reforzamiento.
- Estoy convencido que las investigaciones de la rama de ingeniería, son netamente experimentales, de manera que, realizando prototipos a escala, se podría obtener resultados tales que sean palpados en la realidad y sean de impacto y avance en el progreso de la investigación.

## FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El mundo no se mueve si no es por la ingeniería, cada proyecto de investigación está pensado para solucionar problemas que mejoren la calidad de vida de nosotros, los seres humanos. Esta investigación tiene un dominio muy amplio dentro de la ingeniería estructural, y en su desarrollo, ha dejado algunos puntos y líneas de investigación abiertos, los cuales se pueden estudiar.

1. Incorporación de sistemas de disipación de energía sísmica, considerando la interacción suelo estructura.
2. Evaluación del efecto P-delta en el reforzamiento estructural con dispositivos de energía sísmica
3. Evaluar el nivel de desempeño sísmico de una estructura reforzada con aisladores de base comparada con disipadores de energía mediante el análisis dinámico no lineal tiempo historia.
4. Determinar la máxima eficiencia de la disposición de los disipadores, para evaluar el nivel de desempeño sísmico.
5. En la actualidad, para realizar ese tipo de investigaciones enfocadas en la metodología de diseño por desempeño, se utiliza los códigos americanos, tales como FEMA, ATC, ASCE entre otros, las cuales están formuladas a partir de parámetros de suelo, zona, uso, etc., distintos a los que existen en nuestro país. Por tanto, sería interesante proponer mejoras en esa línea a nuestra norma peruana.



## REFERENCIAS

ALVAREZ, Carlos. Análisis y Diseño de Disipadores Sísmicos de Fluido Viscoso para Control de la Respuesta Sísmica de Edificaciones en Huancayo 2017. Tesis (Para optar el Título de Ingeniero Civil). Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad De Ingeniería Civil, 2017. 228 pp.

ATAU, Jorge & VALDIVIA, Kevinc. Análisis sísmico comparativo entre modelos tipo corte de marcos planos de varios grados de libertad en suelos S0, S1, S2 y S3 con y sin disipadores de energía visco-elásticos. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Tacna, Perú: Universidad Privada De Tacna, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 175 pp.

APPLIED Technology Council (ATC-40). Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. California. USA: 2000. 612 pp.

CALCINA, Ramón. Evaluación del Desempeño Sísmico de un Edificio de Once Pisos Utilizando Análisis Estático y Dinámico No-Lineal. Tesis (Para obtener el grado académico de: Maestro en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras). Tacna, Perú: Universidad Privada de Tacna, Escuela de Postgrado, 2017. 133 pp.

CARRANZA, Johan & CALDERON, Edgardo. Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo. Tesis (Para optar el Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2015. 96 pp.

CASANA Marino, Giancarlos Martin. Desempeño Sísmico de un Edificio de 14 pisos con Disipadores de Energía en la ciudad de Tumbes – 2018. Tesis (Para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 340 pp.

CDV Ingeniería Antisísmica. Disipadores de Fluido Viscoso Taylor: <https://www.cdvperu.com/>

CISMID, Centro Peruano Japonés De Investigaciones Sísmicas Y Mitigación De Desastres. *Evaluación Estructural y Alternativa Reforzamiento del Teatro Municipal de Lima* [en línea]. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Lima, Perú. Febrero 2009 [Fecha de consulta: 26 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.ungm.org/UNUser/Documents/DownloadPublicDocument?docId=657857>

CHACÓN, Roberto & RAMÍREZ, José. Análisis de una Edificación de 4 Pisos con Disipadores de Fluido Viscoso. Tesis (Para optar el Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, 2014. 63 pp.

CORRAL, Yadira. 2009. Ensayo. Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. Universidad de Carabobo Valencia, Estado Carabobo Venezuela. Vol 19, Nº 33. pp. 230-231. ISSN: 2665-0231. Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>

HERNANDO, Tavera, ISABEL, Bernal y JUAN, Gómez. Onificación Sísmico-Geotécnica para el Centro Histórico de Lima (*Comportamiento Dinámico del Suelo*) [en línea]. COOPI, Cooperazione Internazionale. Lima, Perú. Febrero 2009 [Fecha de consulta: 26 mayo 2020]. Disponible en: [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Microzonificacion\\_lima\\_final\\_2010.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Microzonificacion_lima_final_2010.pdf)

DIAZ LA ROSA, Marco. Evaluación del Proyecto Estructural y Optimización del Diseño con Disipadores de Energía Viscosos Taylor para una Edificación Esencial de 6 Pisos. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2014. 214 pp.

ENCISO NAVARRO, Frank. Análisis comparativo del diseño sísmico de una estructura con muros continuos y con muros desacoplados incorporando disipadores slb en la ciudad de Huancayo. Tesis (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Huancayo – Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Civil, 2019. 187 pp.

FEDERAL Emergency Management Agency (FEMA 273). NEHRP Guidelines for Rehabilitation Seismic of Buildings. Washington. USA: 1997. 329 pp.

FEDERAL Emergency Management Agency (FEMA 274). NEHRP commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington, USA: 1997.

FEDERAL Emergency Management Agency (FEMA 356). Prestandard and commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington. USA: 2000.

FEDERAL Emergency Management Agency (FEMA 440). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. Washington. USA: 2005.

GONZÁLES, Camilo. Análisis estático No Lineal (PUSHOVER) de estructura aporticada de hormigón armado con diferentes grados de ductilidad. Aplicando la norma sismoresistente colombiana 2010 (NCR 2010). Trabajo de fin de master universitario en construcciones e instalaciones industriales. España. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior Ingenieros Industriales de Valencia. 2018. 125 pp.

G. Palazzo, C. Bay, M. Guzmán, ed. Disipadores de energía para la rehabilitación de edificios escolares. Paper de Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Sísmica. Valdivia 2019.

HERNÁNDEZ RAMÍREZ, Héctor & TENA COLUNGA. Evaluación del Diseño Sísmico Resiliente Conforme al Método de las Fuerzas de Marcos Dúctiles de Acero con Disipadores de Energía Histeréticos. Revista de Ingeniería Sísmica México, No. 98, 2018

ISSN: 0185-092X

HUERTA RAMÍREZ, Leslie Caroll. Análisis comparativo del comportamiento estructural del CPUUNASAM con disipadores de energía de fluido viscoso. Tesis (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Huaraz – Perú. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 108 pp.

MEDINA, Anthony. Análisis comparativo de desempeño sísmico entre el sistema de reforzamiento convencional con muros estructurales y los sistemas de disipación pasiva de energía viscoelásticos e hysteréticos para el edificio multifamiliar “Vilchez” en el distrito de El Tambo, Huancayo. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2017. 146 pp.

LÓPEZ FERNÁNDEZ, Raúl, AVELLO MARTÍNEZ, Raidell, PALMERO URQUIZA, Diana y otros. 2019. Artículo de Opinión. Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. Universidad Metropolitana de Ecuador. Machala, Ecuador. Vol. 48, No. 2. p.05. ISSN 1561-3046.

Disponible en: <http://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/390/331>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Cargas. NTP E.020 - 2016. Perú, 2016. 8pp.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Diseño Sismoresistente. NTP E.030 - 2018. Perú, 2018. 37pp.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Concreto Armado. NTP E.060 - 2009. Perú, 2009. 205pp.

MONSALVE, Jazmin. Análisis y diseño sísmico por desempeño de edificios de muros estructurales. Tesis (para la obtención del grado de Magister Scientiae en Ingeniería Estructural). Merida-Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Posgrado en Ingeniería Estructural, 2005. 92 pp.

MOTA PÁEZ, Santiago Félix. Reacondicionamiento sísmico de edificios de hormigón armado con el primer piso blando mediante disipadores de energía: aplicación a la republica dominicana. Tesis (presentada como requisito para optar el grado académico de: Doctor en Ingeniería). Madrid: Universidad Politécnica Madrid (UPM), 2017. 422 pp.

NAVARRO, Franco. Comparación de las Respuestas Dinámicas en Estructuras con y sin Disipadores de Energía Pasivos de Fluido Viscoso en la Zona Sísmica Cuatro. Tesis (Presentada como requisito para optar el Título de Ingeniero Civil). Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 156 pp.

OTINIANO VASQUEZ, Jeyson Bryan. Desempeño Sísmico de un Edificio de Concreto Armado con Disipadores de Energía Viscosos, Trujillo 2019. Tesis (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Trujillo – Perú. Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, 2019. 199 pp.

OVIEDO, Juan Andrés & DUQUE, María del Pilar. Disipadores Histeréticos Metálicos como Técnica de Control de Respuesta Sísmica en Edificaciones Colombianas. Revista EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia. Colombia, 2009. ISSN 1794-1237

QUISPE HUAMÁN, Cristhian Koyman & GARCÍA URRUTIA, Paul Arturo. Reforzamiento sísmico mediante el uso de disipadores histeréticos tipo shear link bozzo en un edificio de 14 niveles en la ciudad de lima. Tesis (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Lima – Perú. Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería Civil, 2019. 138 pp.

RICO, Daniel. Diseño sísmico de edificios de concreto basado en desplazamientos con el uso de amortiguadores. Tesis (para optar del grado de Maestro en Ingeniería). Santa Cruz Acatlán, Naucalpan, Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2017. 104 pp.

ROMERO, Daniela. Diseño de Edificaciones con Disipadores de Energía Sísmica de Tipo Fluido Viscoso. Tesis (para Optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil. Cuenca, Ecuador): Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2013. 146 pp.

SÁEZ URIBE, Alexis Alejandro. Evaluación del método de análisis modal espectral para edificios con sistemas pasivos de disipación de energía utilizando registros sísmicos chilenos. Tesis (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Santiago de Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2014. 605 pp.

SAMPIERI, Roberto, COLLADO, Carlos y LUCIO, Pilar. Metodología de la Investigación. 5 ed. México. MCGRAW-HILL. 2010. 407 pp.  
ISBN 968-422-931-3

SÁNCHEZ, Marco. Diseño sísmico basado en desempeño para una edificación esencial de concreto reforzado. Tesis (Maestro en Ciencias en Ingeniería y Administración de la Construcción). Monterrey, México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey, División de Ingeniería, Programa de Graduados en Ingeniería, 2010. 133 pp.

SAP2000. Computers and structures. Version 20.2. California; University of California Berkeley, 2017.

SEGOVIA, Vanessa. Criterio de diseño sísmico óptimo por desplazamiento para edificios con disipadores histeréticos. Tesis (para optar del grado de Maestro en Ingeniería). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2015. 100 pp.

SEGOVIA DAVID, Juan Carlos. Diseño De Disipadores De Energía Metálicos Para Una Edificación De Baja Altura De Concreto Armado. Tesis (para optar el Grado de Magister en Ingeniería Civil). Lima – Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Escuela de Posgrado, 2016. 100 pp.

TABOADA, D. & FERNÁNDEZ, V. (2019). Seismic response of a five story building with isolation system and supplemental viscous dampers for peruvian seismicity. TECNIA – UNI [En Línea].

21 agosto 2019, Vol.29, n.º29(2). [Fecha de consulta: 26 de setiembre de 2019].

Disponible en <http://www.revistas.uni.pe/index.php/tecnica/article/view/712>

ISSN: 0375–7765

TAIPE, Javier. Criterios de diseño por desempeño para la norma peruana de diseño sismorresistente. Tesis (Para Optar el Grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería Estructural). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Sección de Posgrado, 2003. 208 pp.

Universidad Cesar Vallejo. ISO 690 y 690–2, Adaptación de la norma de la International. Organization for Standardization (ISO). Fondo editorial UCV. 2017

VILLAVICENCIO, David & ZÚÑIGA, Pablo. Diseño y Análisis por Desempeño de una Estructura de Acero con Disipadores Histeréticos Metálicos. Tesis, (previo a la obtención del título de Ingeniero Civil). Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, 2016. 213 pp.

ZELAYA, Victor Análisis Sísmico. LIMA: Imagen's, 2018. Vols. 1a. Edición – julio 2011. ISBN: 978-612-00-3462-0

## **ANEXOS**



ANEXO 03.1  
MATRÍZ DE CONSISTENCIA

“Influencia de la Disposición de Disipadores de Fluido Viscoso en el Nivel de Desempeño Sísmico de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente (X): Disipadores de Fluido Viscoso			METODOLOGÍA
¿Cómo influye la disposición de disipadores de fluido viscoso en el nivel de desempeño sísmico de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019?	Analizar la influencia de la disposición de los disipadores de fluido viscoso en el nivel de desempeño sísmico de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019.	Las diferentes disposiciones de los disipadores de fluido viscoso influyen significativamente en la mejora del desempeño sísmico de un Edificio regular de 15 niveles, Lima 2019	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>- De acuerdo al Fin: <b>APLICADA</b></p> <p>- De acuerdo al Nivel: <b>RELACIONAL</b></p> <p>- De acuerdo al diseño metodológico: <b>EXPERIMENTAL:</b> <b>CUASI – EXPERIMENTAL</b> De corte: <b>Transversal</b> o <b>transeccional</b></p> <p>- De acuerdo al Enfoque: <b>CUANTITATIVO</b></p>
			Parámetros inherentes	- Constante de amortiguamiento - Rigidez del Disipador - Exponente de no linealidad	- Metodología HAZUS	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especifica	Variable Dependiente (Y): Nivel de Desempeño Sísmico			
¿Cómo influyen los parámetros inherentes de los Disipadores de Fluido Viscoso en la respuesta estructural de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019?	Evaluar la influencia de los parámetros inherentes de los disipadores de fluido viscoso en la respuesta estructural de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019	Los parámetros inherentes de los disipadores de fluido viscoso delimitan las características de la respuesta estructural de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019.	Ubicación o Arreglo	- Disposición Diagonal - Disposición en Chevron Diagonal - Disposición en Chevron horizontal	- Planos	
¿Cuáles serán los momentos, fuerzas, desplazamientos y derivas que resulten al efectuar el análisis de desempeño sísmicos de un Edificio regular de 15 niveles con disipadores de fluido viscoso, Lima – 2019?	Determinar los momentos, fuerzas, desplazamientos y derivas que resulten al efectuar el análisis de desempeño sísmicos de un Edificio regular de 15 niveles con disipadores de fluido viscoso, Lima – 2019	El análisis de desempeño sísmicos de un Edificio regular de 15 niveles con disipadores de fluido viscoso, genera magnitudes tales que favorecen al desempeño sísmico de la estructura, en Lima – 2019.	Respuesta de la estructura	- Parámetros de Diseño - Cortantes basales - Periodos de vibración - Desplazamiento - Derivas	- SAP2000 - NTP – E.020 - NTP – E.030 - NTP – E.060	
¿De qué manera las diferentes disposiciones de los Disipadores de Fluido Viscoso mejoran la respuesta estructural de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019?	Demostrar que las diferentes disposiciones de los disipadores de fluido viscoso modifican la respuesta de la estructura de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019	El empleo de disipadores de fluido viscoso en diferentes disposiciones, mejoran la respuesta de la estructura de un Edificio regular de 15 niveles, Lima – 2019	Nivel de Desempeño Sísmico	- Niveles de Desempeño según VISION 2000 - Matriz de Desempeño - Curva de Capacidad - Punto de desempeño	- Matriz de desempeño según VISION 2000 - Fema 440 - Sap2000	

Fuente: propia

## MATRÍZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente (X)  <b>DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO</b>	CDV Ingeniería Antisísmica, (En Línea, <a href="http://www.cdvperu.com">www.cdvperu.com</a> ). Los disipadores viscosos son dispositivos que se empotran a los pórticos estructurales, los que, en un momento dado, ante la ocurrencia de un evento sísmico, disipan la energía sísmica a través del paso de fluido altamente viscoso en su interior ocasionando mayor resistencia al movimiento libre del edificio.	Los disipadores de fluido viscoso tienen como finalidad, reducir los desplazamientos relativos de entrepiso, y por tanto minimizar el daño estructural.	Parámetros inherentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Constante de amortiguamiento</li> <li>- Rigidez del Disipador</li> <li>- Exponente de no linealidad</li> </ul>	Metodología HAZUS	RAZÓN
			Ubicación o Arreglo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disposición Diagonal</li> <li>- Disposición en Chevron Diagonal</li> <li>- Disposición en Chevron horizontal</li> </ul>	Planos	NOMINAL
Variable Dependiente (Y)  <b>NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO</b>	(SEAOC; 1995), La conceptualización que brinda VISION 2000 en cuanto al Nivel de Desempeño es la máxima expresión medida en daño de una edificación de acuerdo a su importancia, ante la sollicitación de fuerzas de un sismo específico de diseño.	El NDS es el daño que se produce en una estructura según su importancia después de la ocurrencia de un sismo severo en un determinado tiempo de retorno. El Desempeño se mide en el impacto que tienen estos daños tras haber ocurrido el sismo.	Respuesta de la estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parámetros de Diseño</li> <li>- Cortantes basales</li> <li>- Periodos de vibración</li> <li>- Desplazamiento</li> <li>- Derivas</li> </ul>	SAP2000 NTP – E.020 NTP – E.030 NTP – E.060	RAZÓN
			Nivel de Desempeño Sísmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niveles de Desempeño según VISION 2000</li> <li>- Matriz de Desempeño</li> <li>- Curva de Capacidad</li> <li>- Punto de desempeño</li> </ul>	Matriz de desempeño según VISION 2000 Sap2000	ORDINAL

Fuente: propia

## ANEXO 04: Características del suelo del Cercado de Lima

### 01. COOPI-COOPERAZIONE INTERNAZIONALE



**Fortalecimiento de Capacidades de los Comités de Defensa Civil en Conocimiento del Riesgo y Formulación de Planes de Operaciones de Emergencia ante Sismos y/o Tsunamis en los Distritos del Callao, Cercado de Lima - Rimac y Villa María del Triunfo  
PNUD/SDP-049/2009**

#### ÁMBITO 2

CENTRO HISTORICO DE LIMA (CERCADO DE LIMA Y EL RIMAC)

#### ZONIFICACION SISMICO-GEOTECNICA PARA EL CENTRO HISTORICO DE LIMA

(Comportamiento Dinámico del Suelo)

Noviembre - 2010

COOPERAZIONE INTERNAZIONALE - COOPI  
Calle Coronel Zegarra - 264 Jesús María - Lima  
Tel./Fax. 4710585 - RUC 20511733333  
[peru@coopi.org](mailto:peru@coopi.org) [www.coopi.org](http://www.coopi.org)

Fuente: [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Microzonificacion\\_lima\\_final\\_2010.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Microzonificacion_lima_final_2010.pdf)

## 10.2.- Geología Local

El basamento rocoso en el Centro Histórico de Lima (Cercado de Lima y Rímac) está compuesto de rocas intrusivas del batolito de la Costa, de naturaleza granodiorítica predominantemente de color gris oscuro y, en algunas partes, consiste en granitos de color gris claro a rosáceo, con el típico fracturamiento tipo cebolla; éstas rocas tienen edades que corresponden al Terciario Inferior (Figura 8). Las colinas circundantes tienen como máxima altitud de 370 m.s.n.m. con pendientes de moderada a alta.

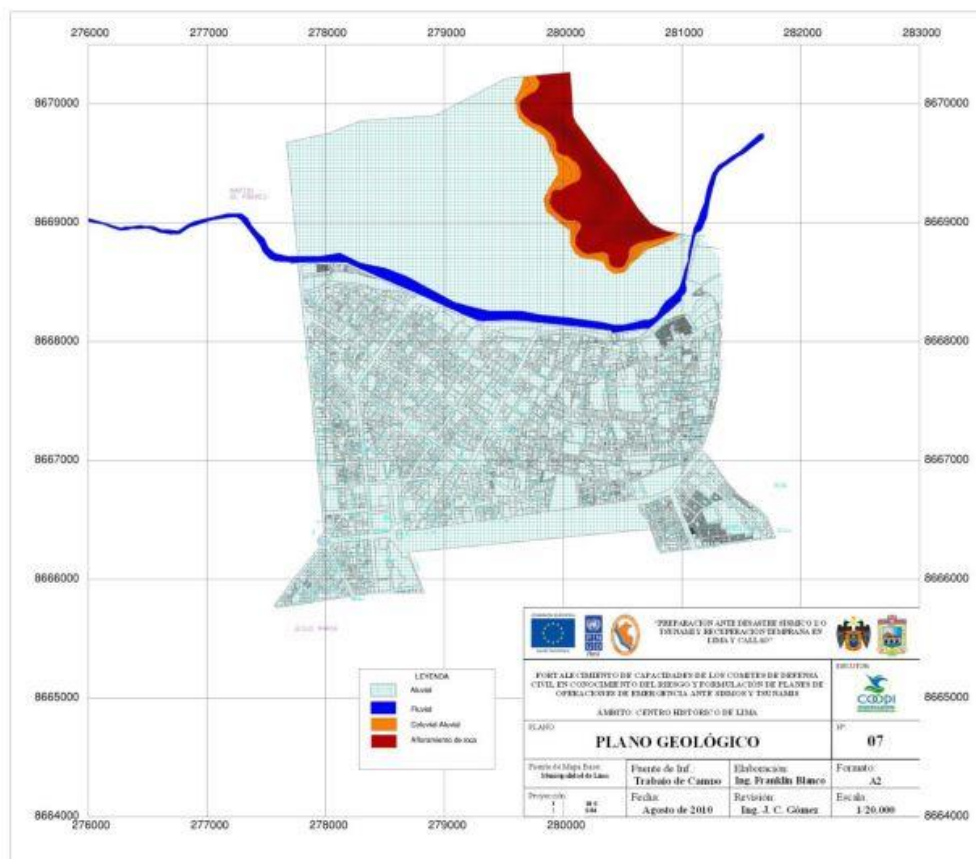


Figura 8.- Mapa geológico para el Centro Histórico de Lima.

Fuente: [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Microzonificacion\\_lima\\_final\\_2010.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Microzonificacion_lima_final_2010.pdf)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES  
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



## EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y ALTERNATIVA REFORZAMIENTO DEL TEATRO MUNICIPAL DE LIMA



### INFORME FINAL

**SOLICITADO:** EMPRESA MUNICIPAL INMOBILIARIA DE  
LIMA S.A.

**UBICACIÓN:** Jr. Ica, Cercado de Lima, Lima

CISMID

Febrero, 2009

Lima – Perú



**ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS**

Informe : LG08-593 Fecha : Enero, 2009  
Solicitante : EMPRESA MUNICIPAL INMOBILIARIA DE LIMA S. A.  
Proyecto : Evaluación Estructural y Alternativa de Reforzamiento Estructural para el Teatro Municipal de Lima

Ubicación : Jr. Ica, Cercado de Lima, Lima

Sondaje : Z - 2  
Muestra : M - 1  
Profundidad (m) : 0.15 - 0.60

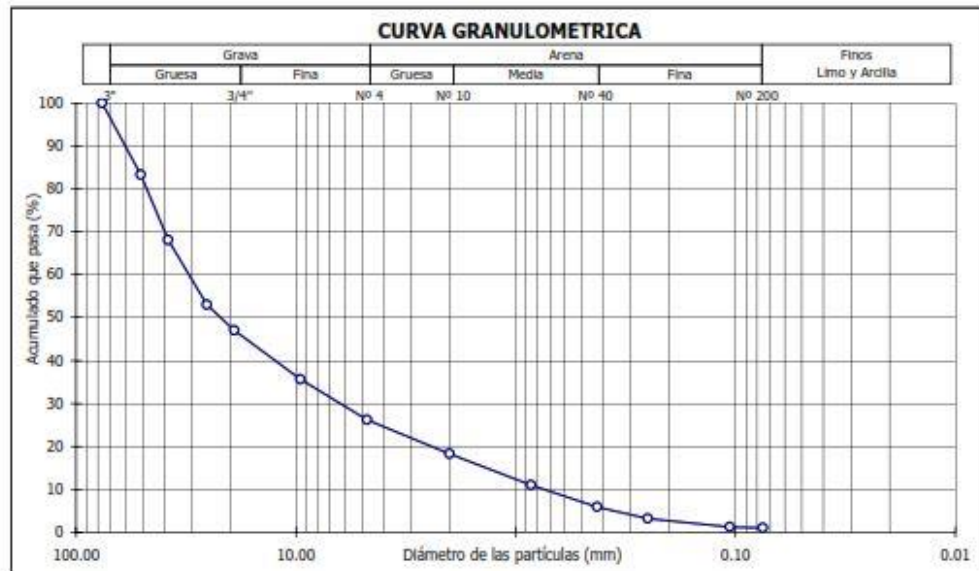
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	1.3

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	NP
Límite Plástico	(%)	NP
Índice de Plasticidad	(%)	NP
Límite de Contracción	(%)	---

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q <sup>o</sup> Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	83.3
1½"	38.100	68.1
1"	25.400	53.0
¾"	19.050	47.0
3/8"	9.525	35.6
Nº 4	4.750	26.2
Nº 10	2.000	18.2
Nº 20	0.850	11.0
Nº 40	0.425	5.9
Nº 60	0.250	3.1
Nº 140	0.106	1.2
Nº 200	0.075	1.0

Resultados de la granulometría por tamizado	
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	41.4
Coefficiente de Curvatura (Cc)	1.7
Grava [ Nº 4 < φ < 3" ] (%)	73.8
Arena [ Nº 200 < φ < Nº 4 ] (%)	25.2
Finos [ φ < Nº 200 ] (%)	1.0

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
A A S H T O : A-1a (0)	
S U C S : GW // Grava bien gradada con arena	



Fuente: <https://www.ungm.org/UNUser/Documents/DownloadPublicDocument?docId=657857>

## ANEXO 05: Mapa de Ubicación, Localización y Planos



Fuente online:  
[\[IMG\]https://www.forosperu.net/galeria/lima-metropolitana.101517/full/IMG](https://www.forosperu.net/galeria/lima-metropolitana.101517/full/IMG)

Figura .. : Mapa Político del Perú

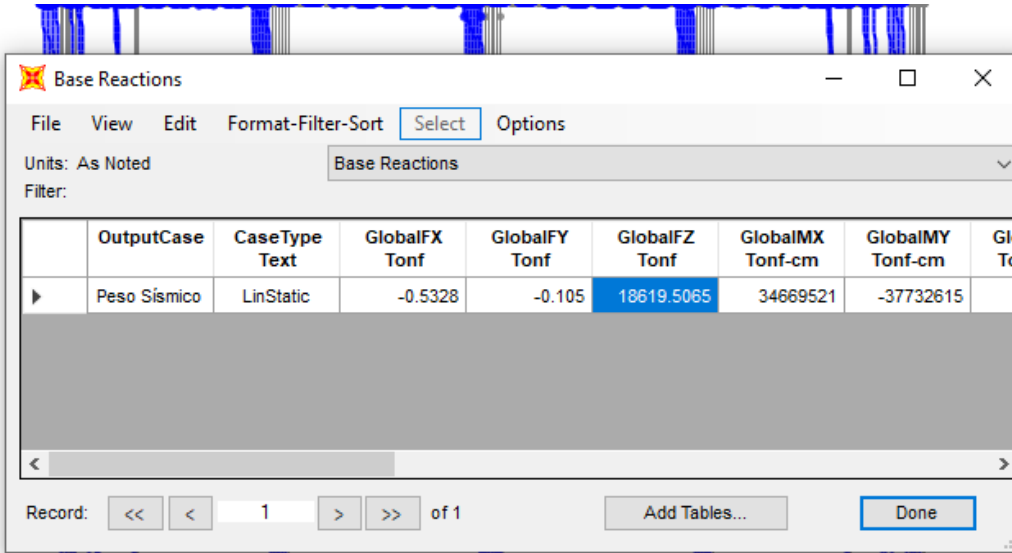
Fuente: Online <http://eoby.tripod.com/peru.htm>



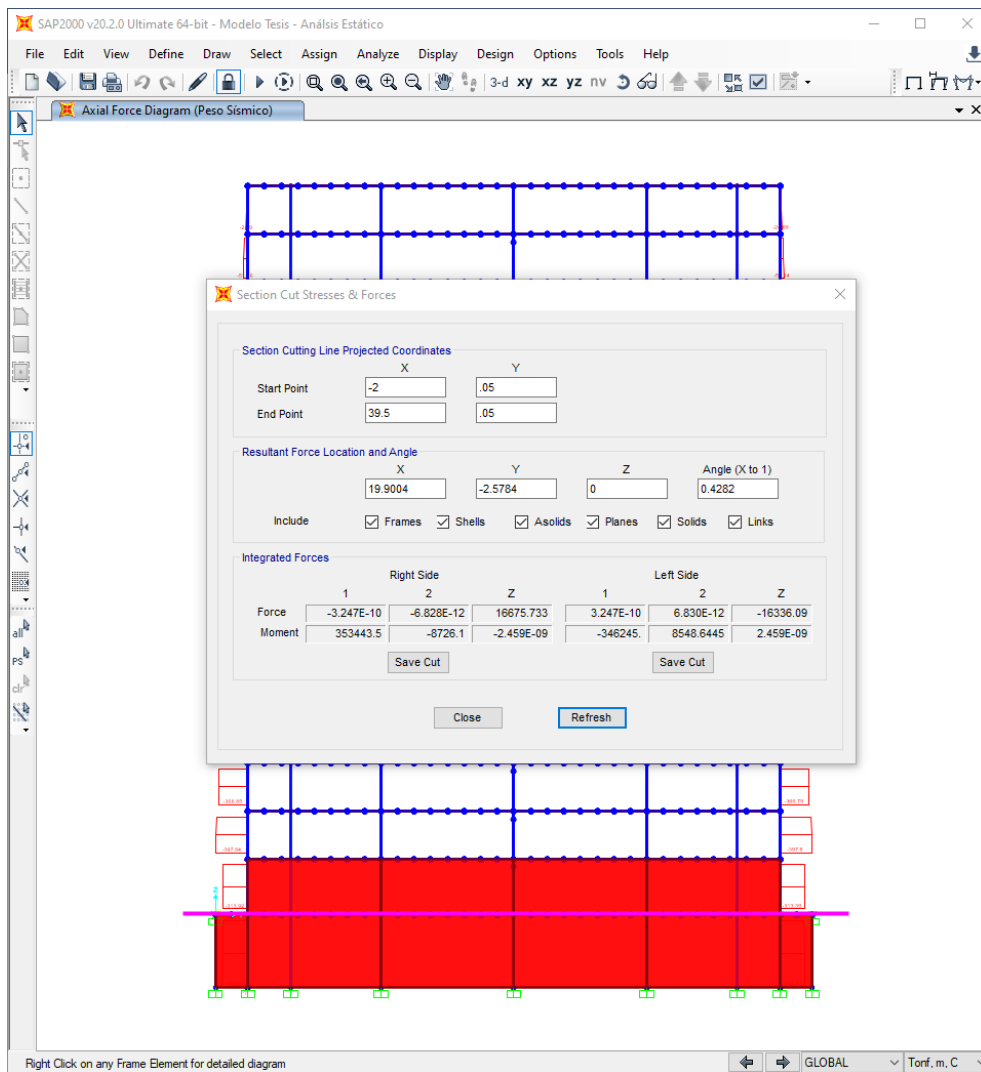
Fuente: Google Maps

# ANEXO 04

## Base



## Nivel 01





## Nivel 02

Section Cut Stresses & Forces

Section Cutting Line Projected Coordinates

	X	Y
Start Point	-2	3.55
End Point	39.5	3.55

Resultant Force Location and Angle

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

Integrated Forces

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-3.271E-10	-6.762E-12	15259.425	3.271E-10	6.762E-12	-15088.63
Moment	323424.7	-7986.71	-2.408E-09	-319805.	7896.4477	2.408E-09

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 03

Section Cut Stresses & Forces

Section Cutting Line Projected Coordinates

	X	Y
Start Point	-2	6.55
End Point	39.5	6.55

Resultant Force Location and Angle

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

Integrated Forces

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-3.298E-10	-6.491E-12	14063.153	3.298E-10	6.491E-12	-13892.36
Moment	298069.67	-7360.41	-2.357E-09	-294449.8	7270.1486	2.357E-09

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 04

Section Cut Stresses & Forces

Section Cutting Line Projected Coordinates

	X	Y
Start Point	-2	9.55
End Point	39.5	9.55

Resultant Force Location and Angle

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

Integrated Forces

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-3.311E-10	-6.098E-12	12866.882	3.311E-10	6.098E-12	-12696.09
Moment	272714.6	-6734.11	-2.322E-09	-269094.7	6643.8495	2.322E-09

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 05

**Section Cut Stresses & Forces**

**Section Cutting Line Projected Coordinates**

	X	Y
Start Point	-2	12.55
End Point	39.5	12.55

**Resultant Force Location and Angle**

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

**Integrated Forces**

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-3.293E-10	-5.277E-12	11670.61	3.293E-10	5.277E-12	-11499.82
Moment	247359.53	-6107.81	-2.342E-09	-243739.6	6017.5503	2.342E-09

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 06

**Section Cut Stresses & Forces**

**Section Cutting Line Projected Coordinates**

	X	Y
Start Point	-2	15.55
End Point	39.5	15.55

**Resultant Force Location and Angle**

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

**Integrated Forces**

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-3.217E-10	-5.350E-12	10474.339	3.217E-10	5.350E-12	-10320.83
Moment	222004.46	-5481.51	-2.065E-09	-218750.8	5400.3537	2.065E-09

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 07

**Section Cut Stresses & Forces**

**Section Cutting Line Projected Coordinates**

	X	Y
Start Point	-2	18.55
End Point	39.5	18.55

**Resultant Force Location and Angle**

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

**Integrated Forces**

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-3.146E-10	-5.149E-12	9402.0657	3.146E-10	5.149E-12	-9248.56
Moment	199277.54	-4920.32	-1.652E-09	-196023.9	4839.1636	1.652E-09

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 08

Section Cut Stresses & Forces

Section Cutting Line Projected Coordinates

	X	Y
Start Point	-2	21.55
End Point	39.5	21.55

Resultant Force Location and Angle

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

Integrated Forces

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-3.034E-10	-4.668E-12	8329.7926	3.034E-10	4.668E-12	-8176.28
Moment	176550.63	-4359.13	-1.121E-09	-173297.	4277.9734	1.121E-09

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 09

Section Cut Stresses & Forces

Section Cutting Line Projected Coordinates

	X	Y
Start Point	-2	24.55
End Point	39.5	24.55

Resultant Force Location and Angle

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

Integrated Forces

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-2.870E-10	-3.941E-12	7257.5195	2.870E-10	3.941E-12	-7104.01
Moment	153823.71	-3797.94	-4.534E-10	-150570.1	3716.7833	4.534E-10

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 10

Section Cut Stresses & Forces

Section Cutting Line Projected Coordinates

	X	Y
Start Point	-2	27.55
End Point	39.5	27.55

Resultant Force Location and Angle

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

Integrated Forces

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-2.656E-10	-3.197E-12	6185.2464	2.656E-10	3.197E-12	-6031.74
Moment	131096.8	-3236.75	3.902E-10	-127843.1	3155.5932	-3.902E-10

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 11

**Section Cut Stresses & Forces**

**Section Cutting Line Projected Coordinates**

	X	Y
Start Point	-2	30.55
End Point	39.5	30.55

**Resultant Force Location and Angle**

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

**Integrated Forces**

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-2.334E-10	-2.616E-12	5112.9732	2.334E-10	2.612E-12	-4974.44
Moment	108369.88	-2675.56	1.598E-09	-105433.6	2602.2919	-1.598E-09

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 12

**Section Cut Stresses & Forces**

**Section Cutting Line Projected Coordinates**

	X	Y
Start Point	-2	33.55
End Point	39.5	33.55

**Resultant Force Location and Angle**

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

**Integrated Forces**

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-1.958E-10	-1.516E-12	4082.3557	1.958E-10	1.516E-12	-3943.82
Moment	86525.86	-2136.26	1.350E-09	-83589.6	2062.9922	-1.350E-09

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 13

**Section Cut Stresses & Forces**

**Section Cutting Line Projected Coordinates**

	X	Y
Start Point	-2	36.55
End Point	39.5	36.55

**Resultant Force Location and Angle**

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

**Integrated Forces**

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-1.504E-10	-6.073E-13	3051.7382	1.504E-10	6.073E-13	-2913.204
Moment	64681.84	-1596.961	9.700E-10	-61745.6	1523.6925	-9.700E-10

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 14

**Section Cut Stresses & Forces**

**Section Cutting Line Projected Coordinates**

	X	Y
Start Point	-2	39.55
End Point	39.5	39.55

**Resultant Force Location and Angle**

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

**Integrated Forces**

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-9.650E-11	5.054E-13	2021.1207	9.650E-11	-5.054E-13	-1882.587
Moment	42837.82	-1057.661	5.637E-10	-39901.6	984.3928	-5.637E-10

Save Cut Save Cut

Close Refresh

## Nivel 15

**Section Cut Stresses & Forces**

**Section Cutting Line Projected Coordinates**

	X	Y
Start Point	-2	42.55
End Point	39.5	42.55

**Resultant Force Location and Angle**

	X	Y	Z	Angle (X to 1)
	19.9004	-2.5784	0	0.4282

Include  Frames  Shells  Asolids  Planes  Solids  Links

**Integrated Forces**

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-4.486E-11	1.665E-12	990.5032	4.486E-11	-1.665E-12	-850.3192
Moment	20993.796	-518.3613	2.016E-09	-18022.59	444.2302	-2.016E-09

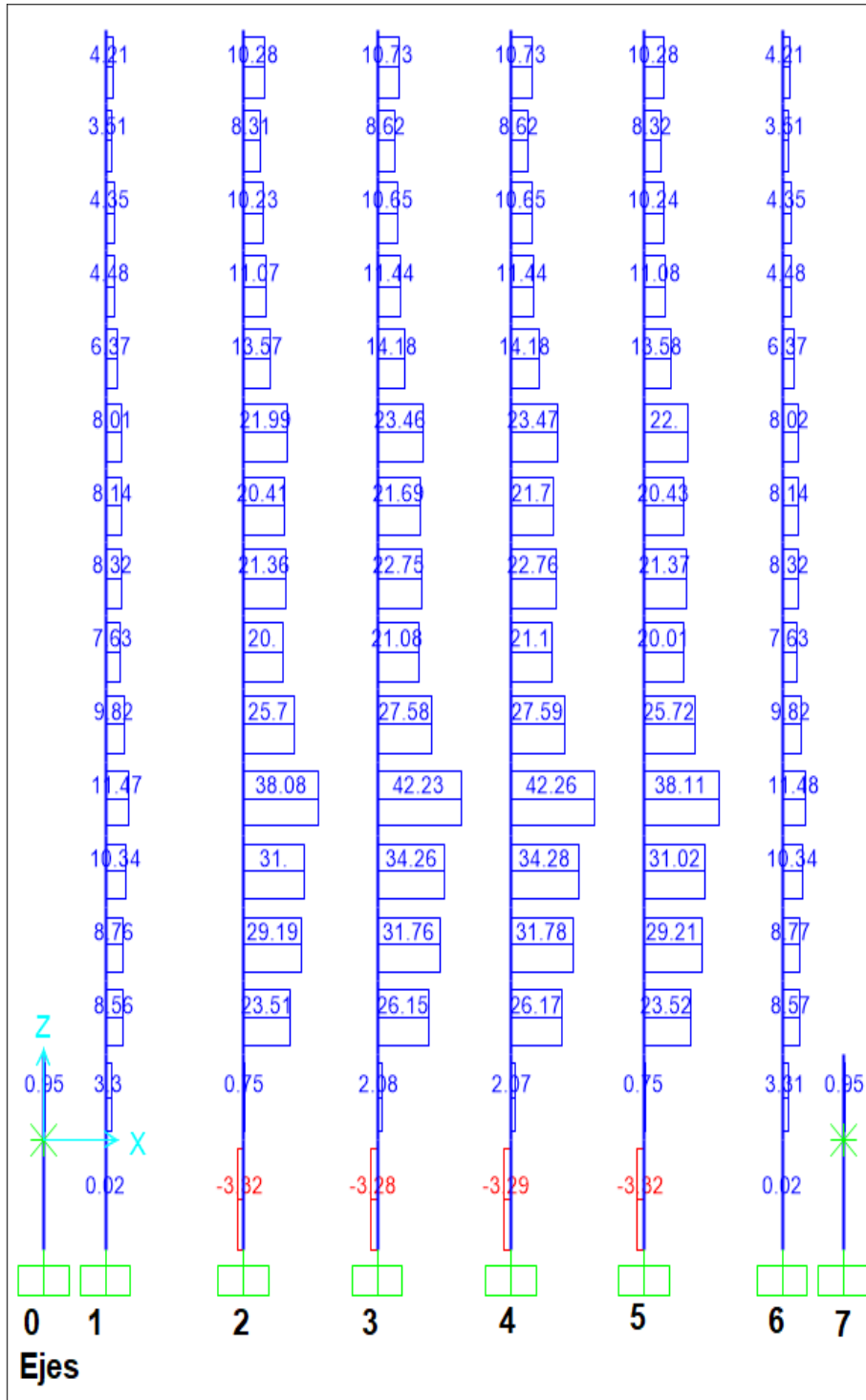
Save Cut Save Cut

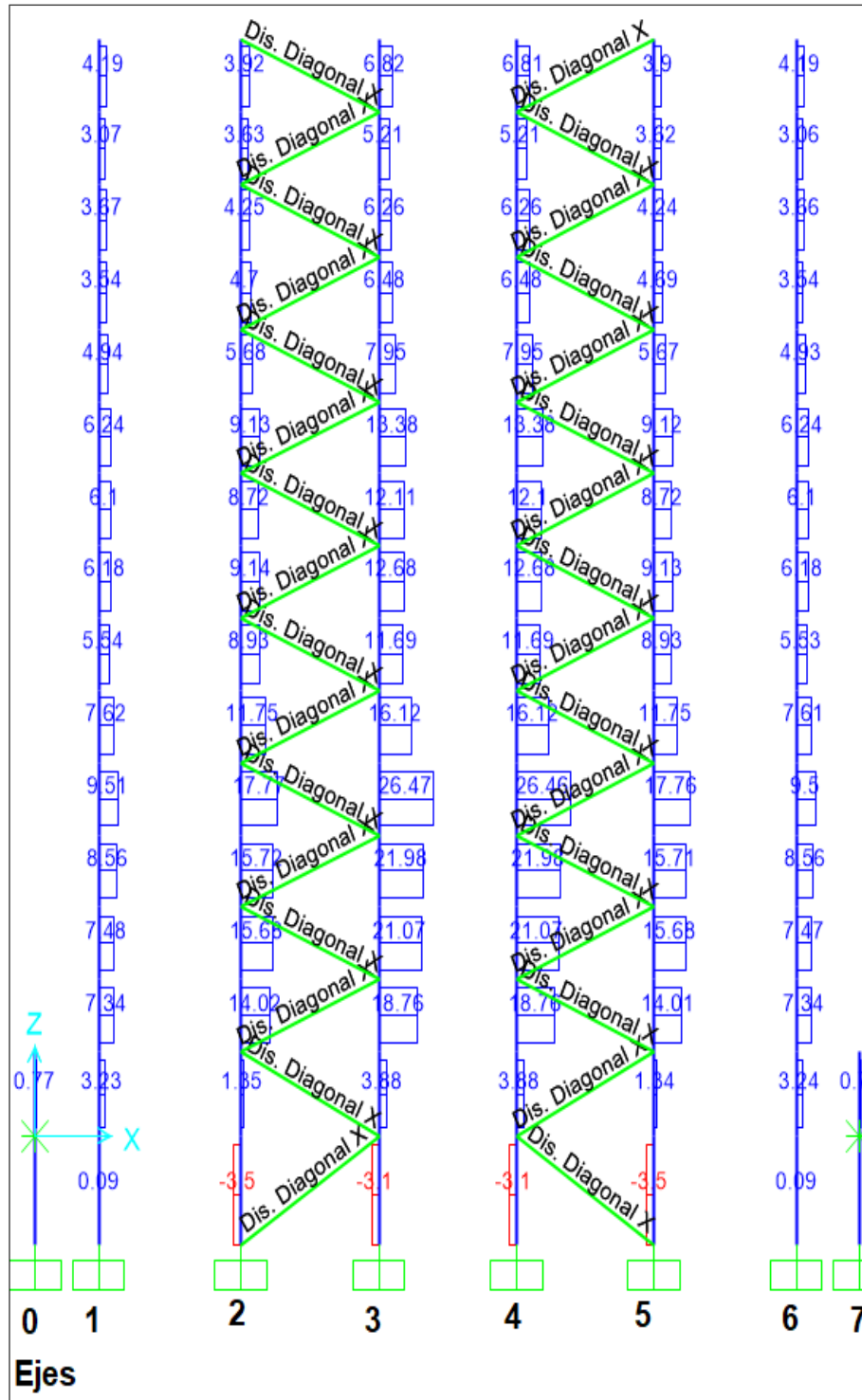
Close Refresh

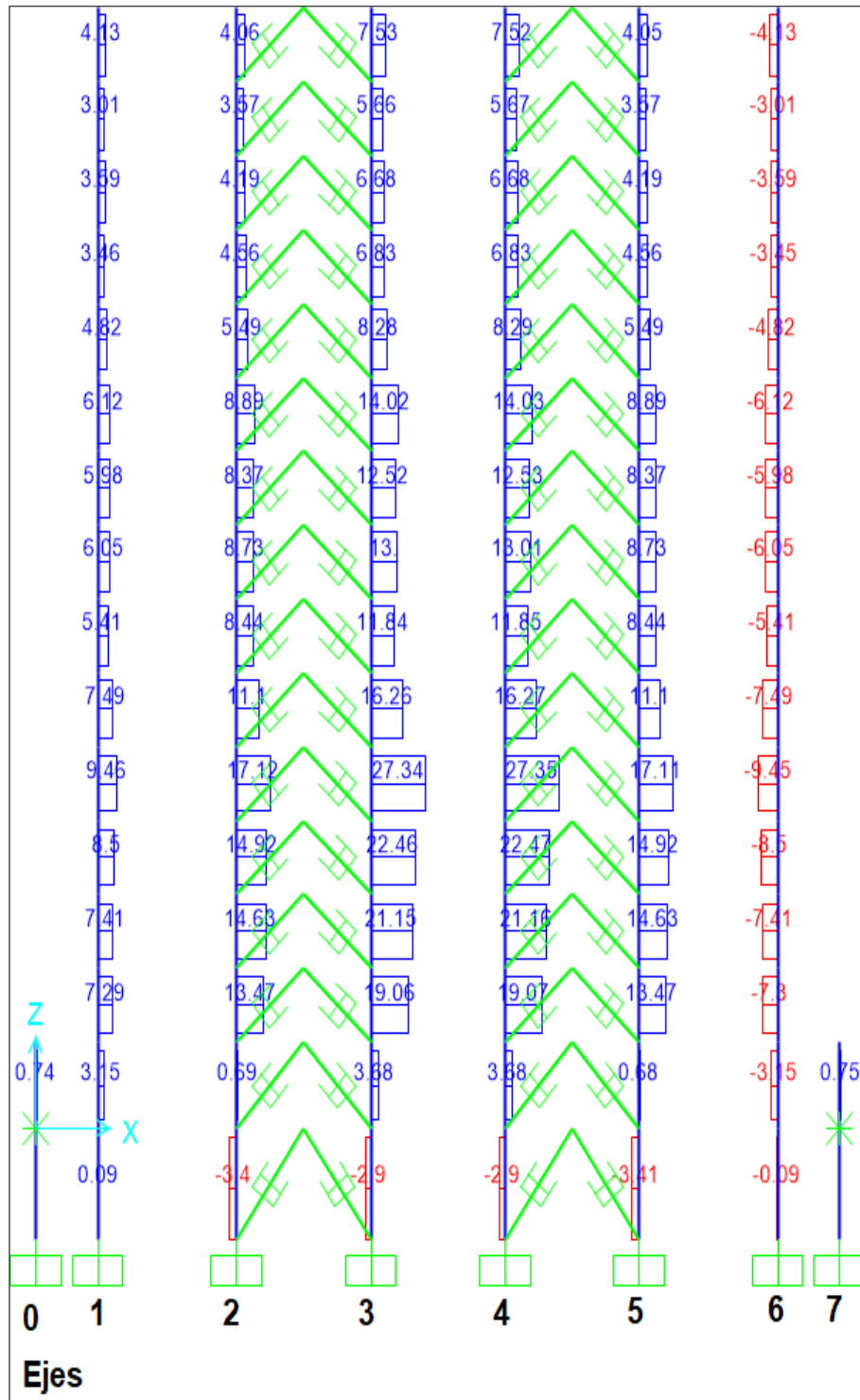
## ANEXO 05

Fuerza cortante en las columnas del eje **B** en la dirección X – Estructura patrón, Disp.

Diagonal y Disp. Chevron

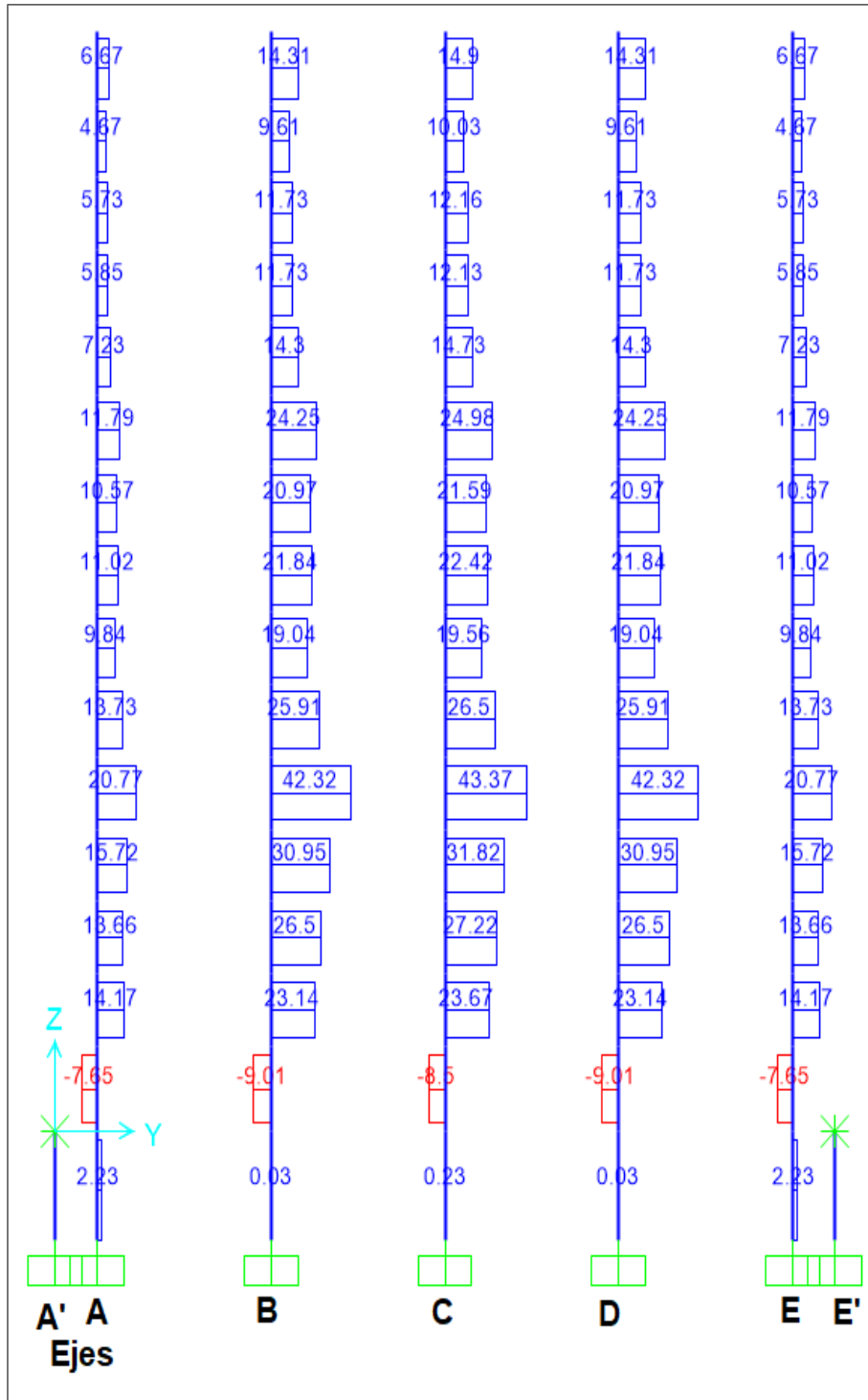


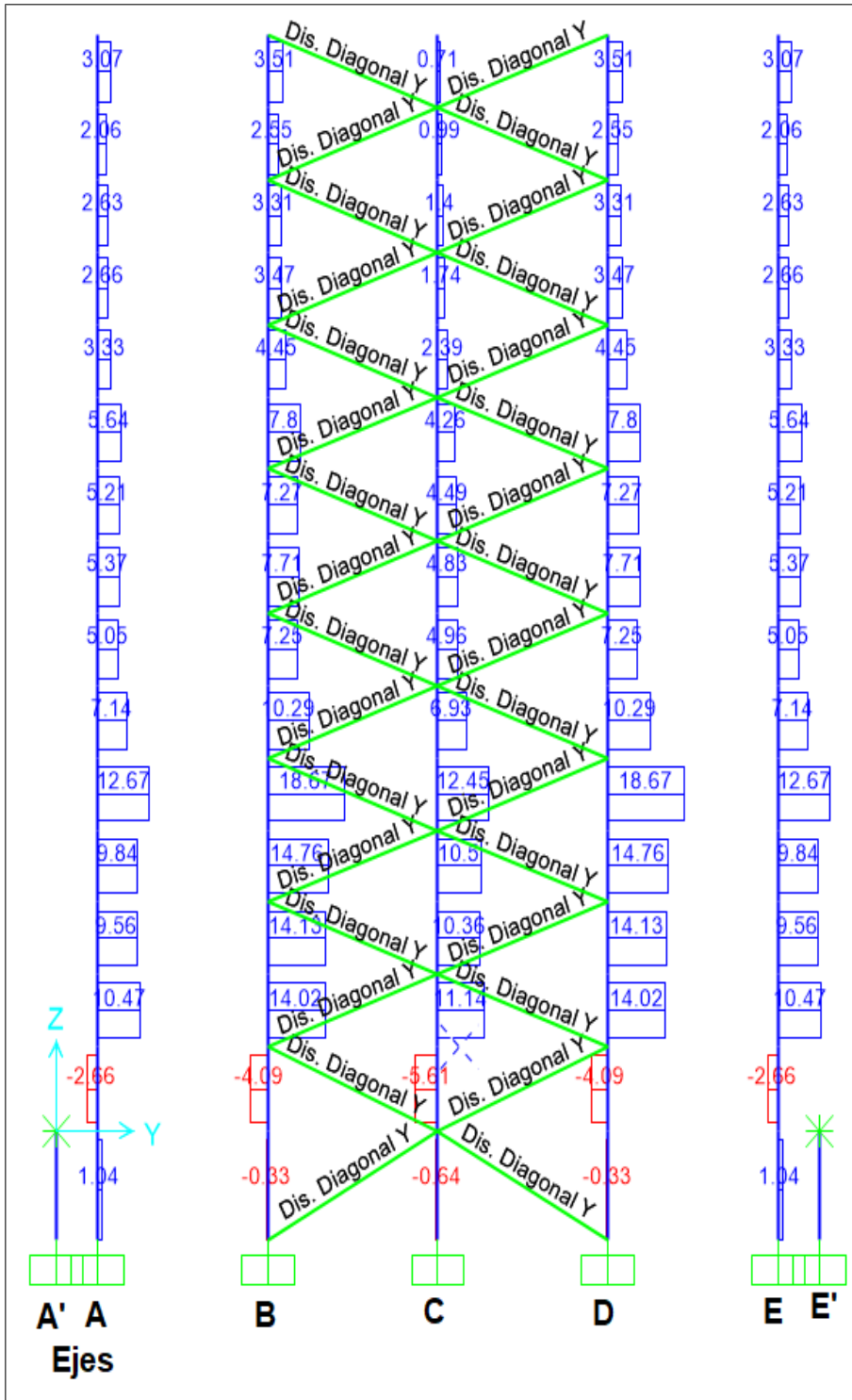


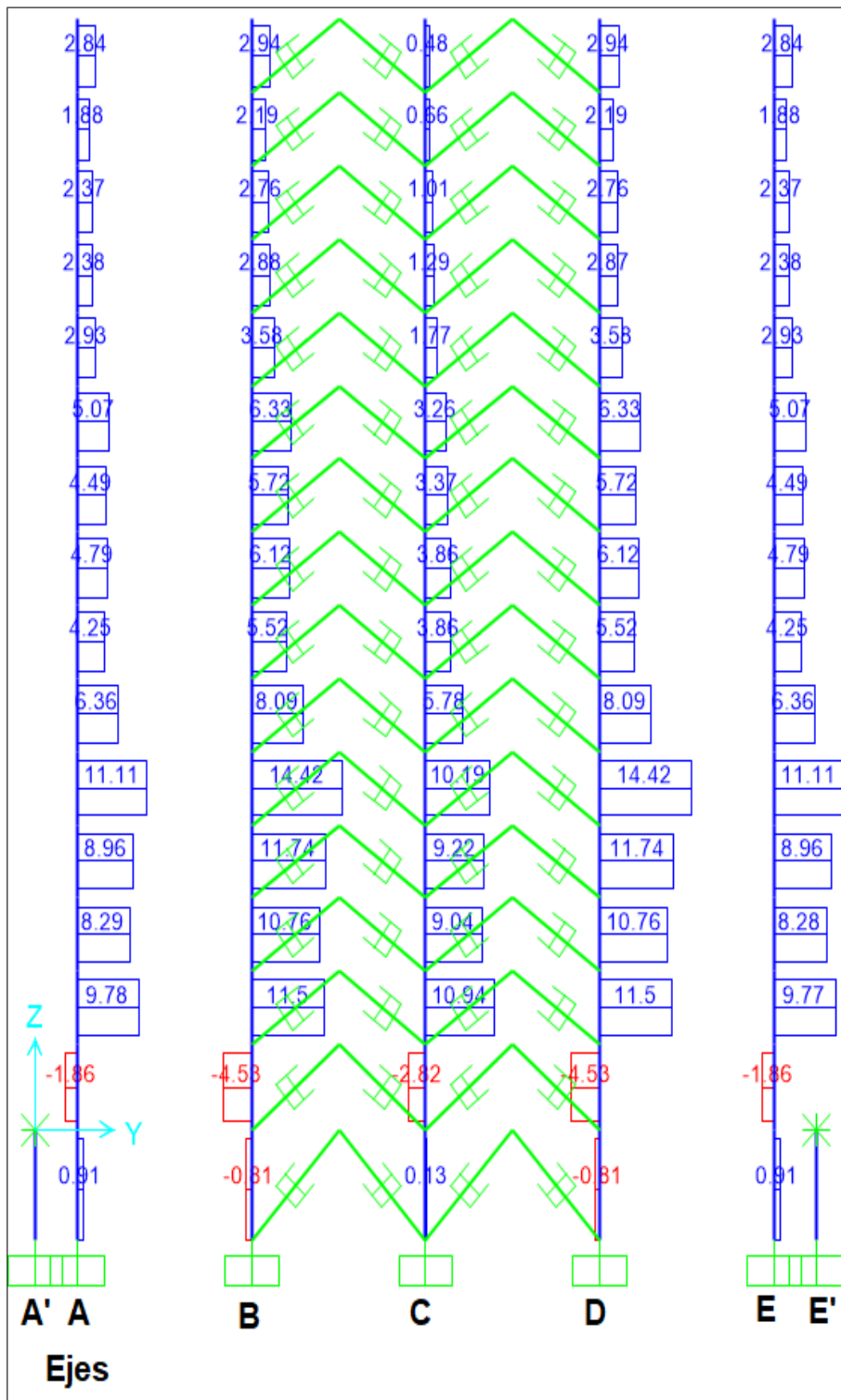




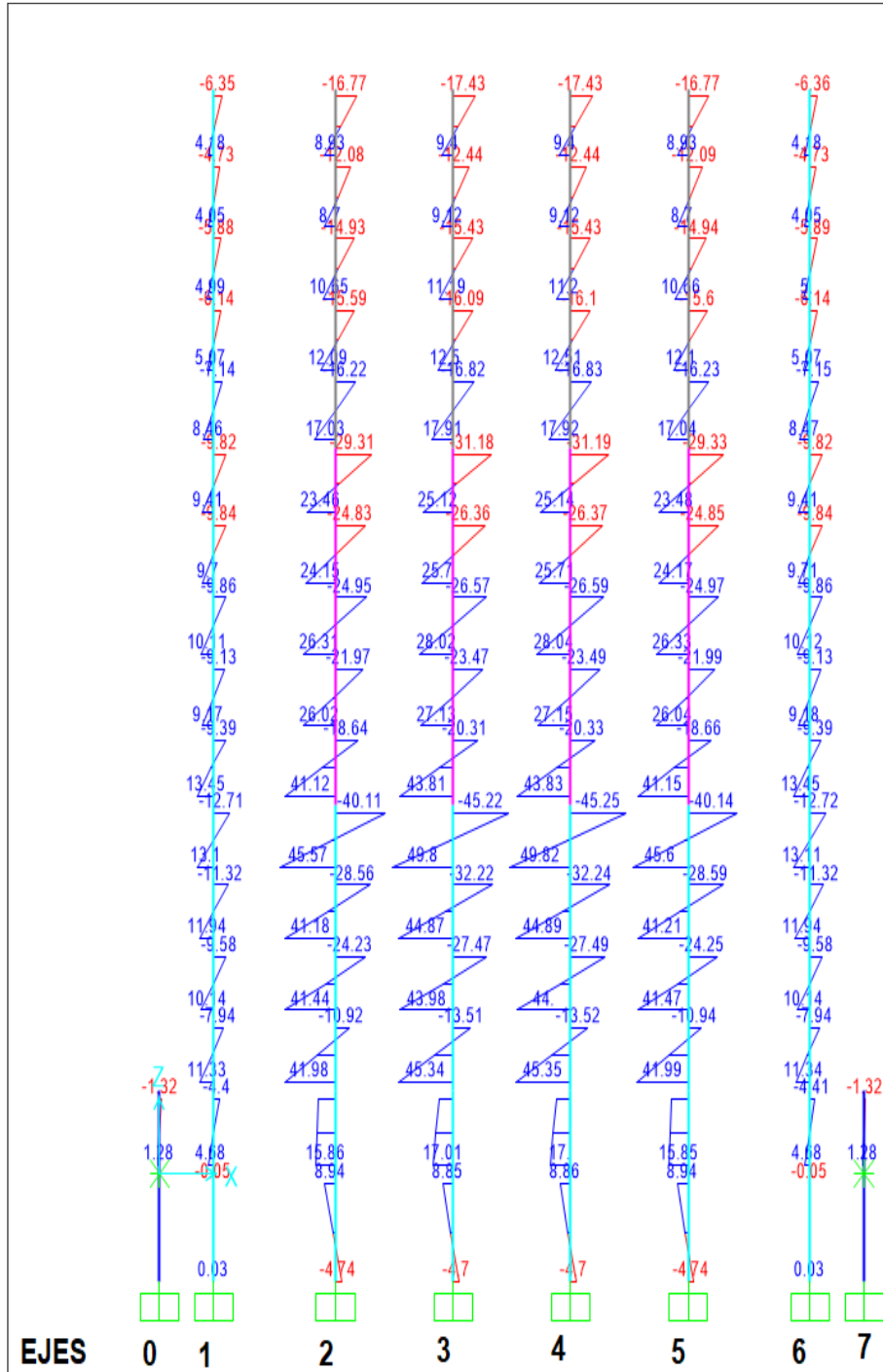
Fuerza cortante en las columnas del eje 2 en la dirección Y – Estructura patrón, Disp. Diagonal y Disp. Chevron

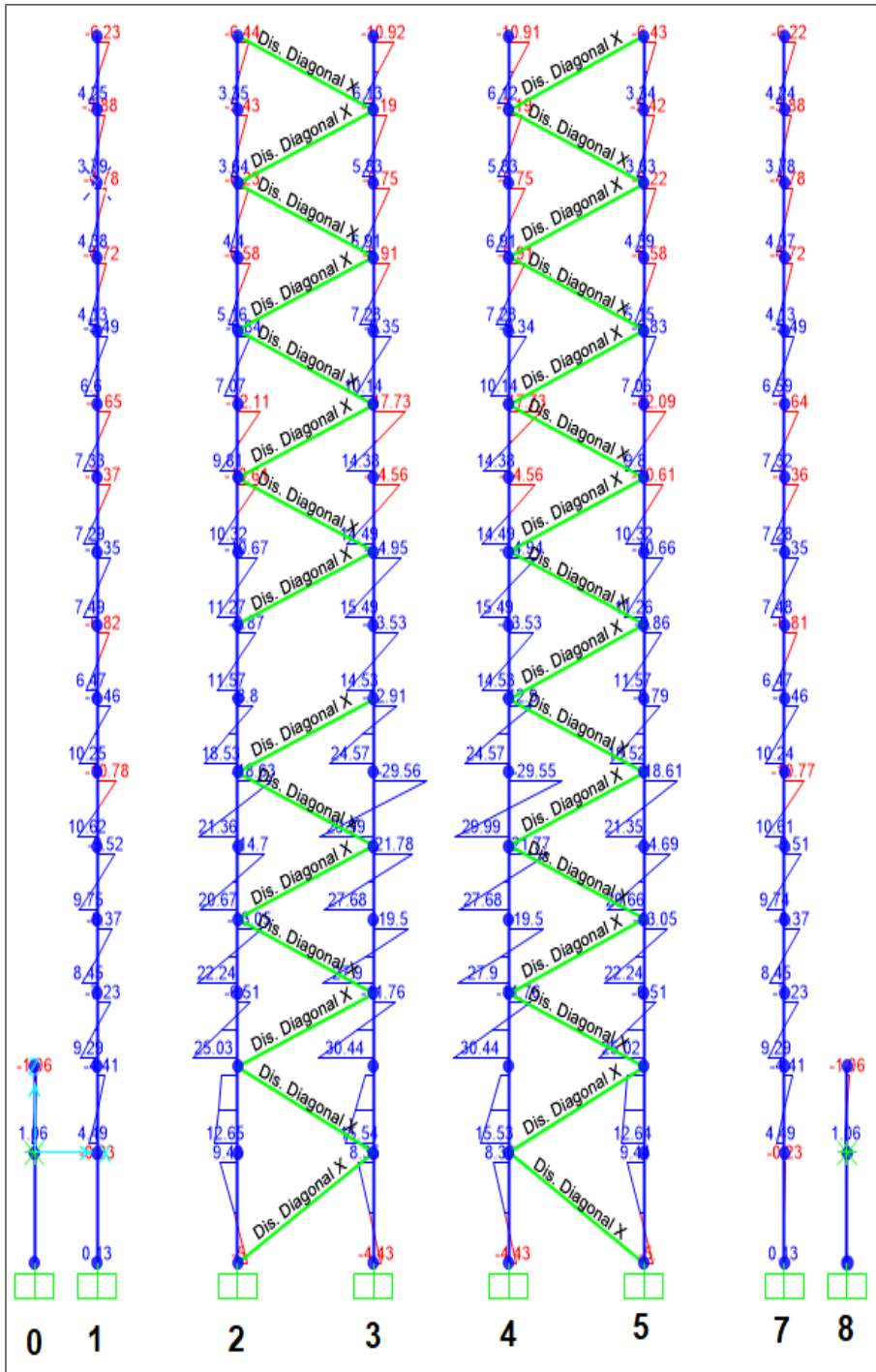


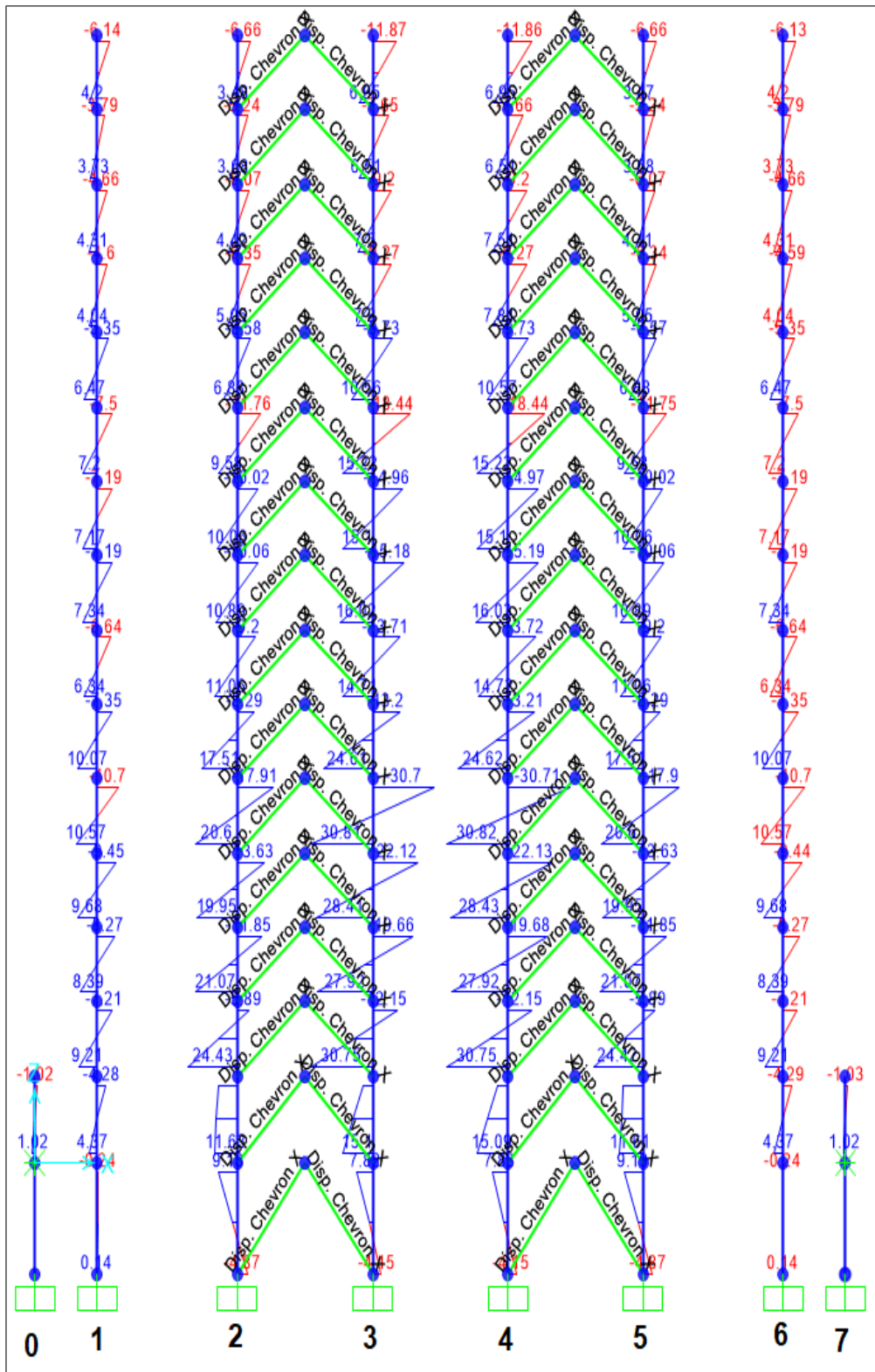




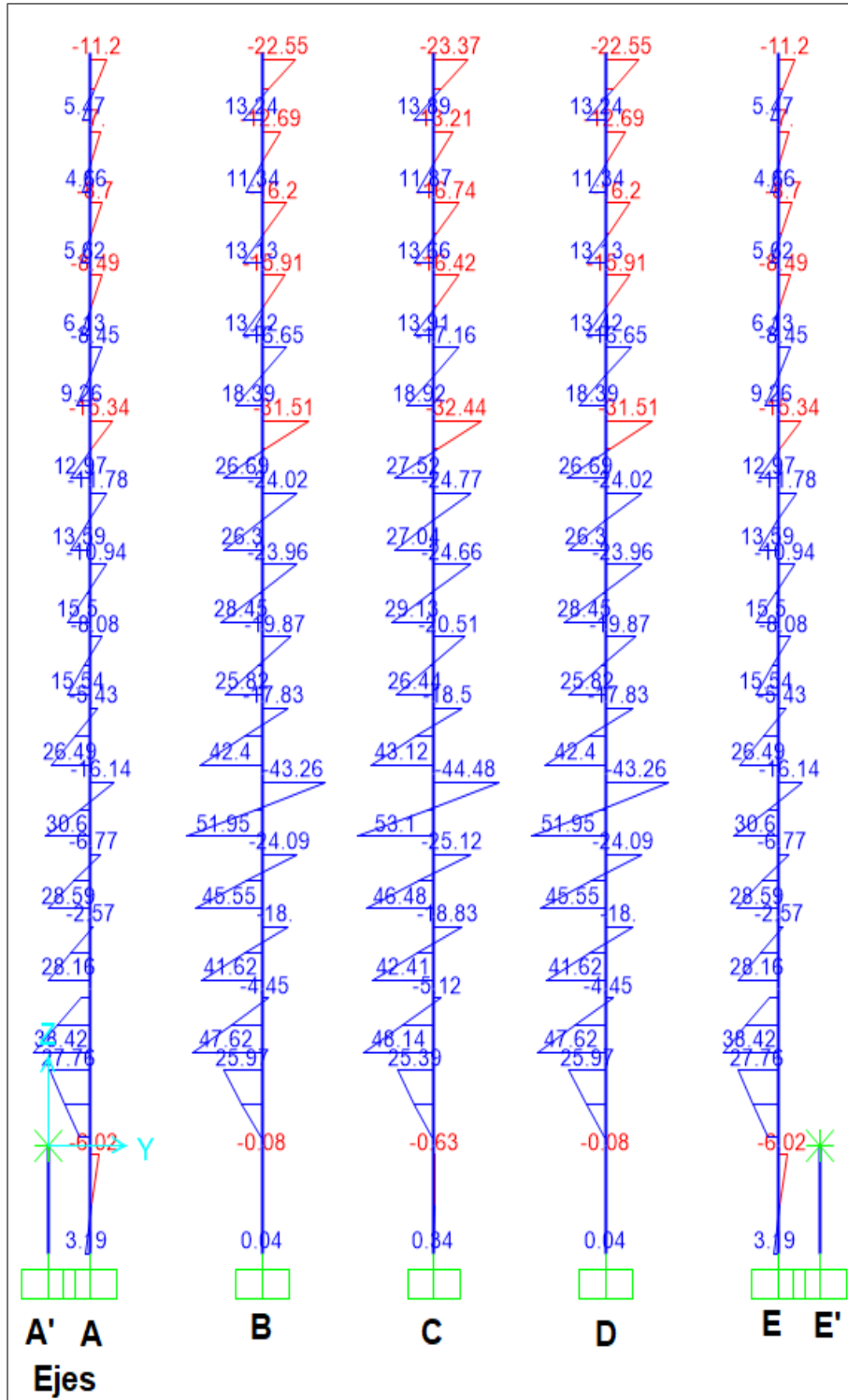
**Momentos Flectores** en las columnas del eje **B** en la dirección X – Estructura patrón, Disp. Diagonal y Disp. Chevron

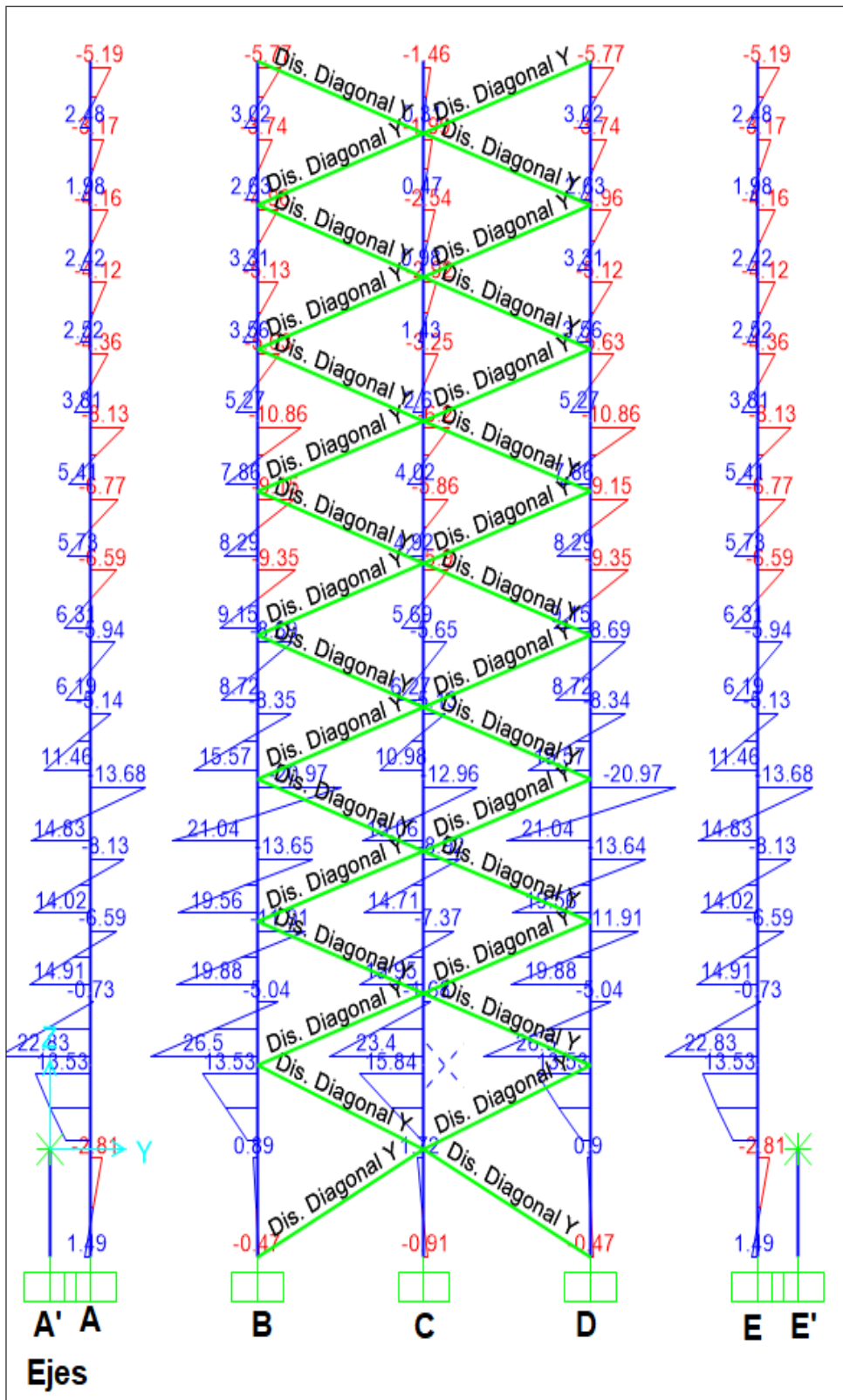




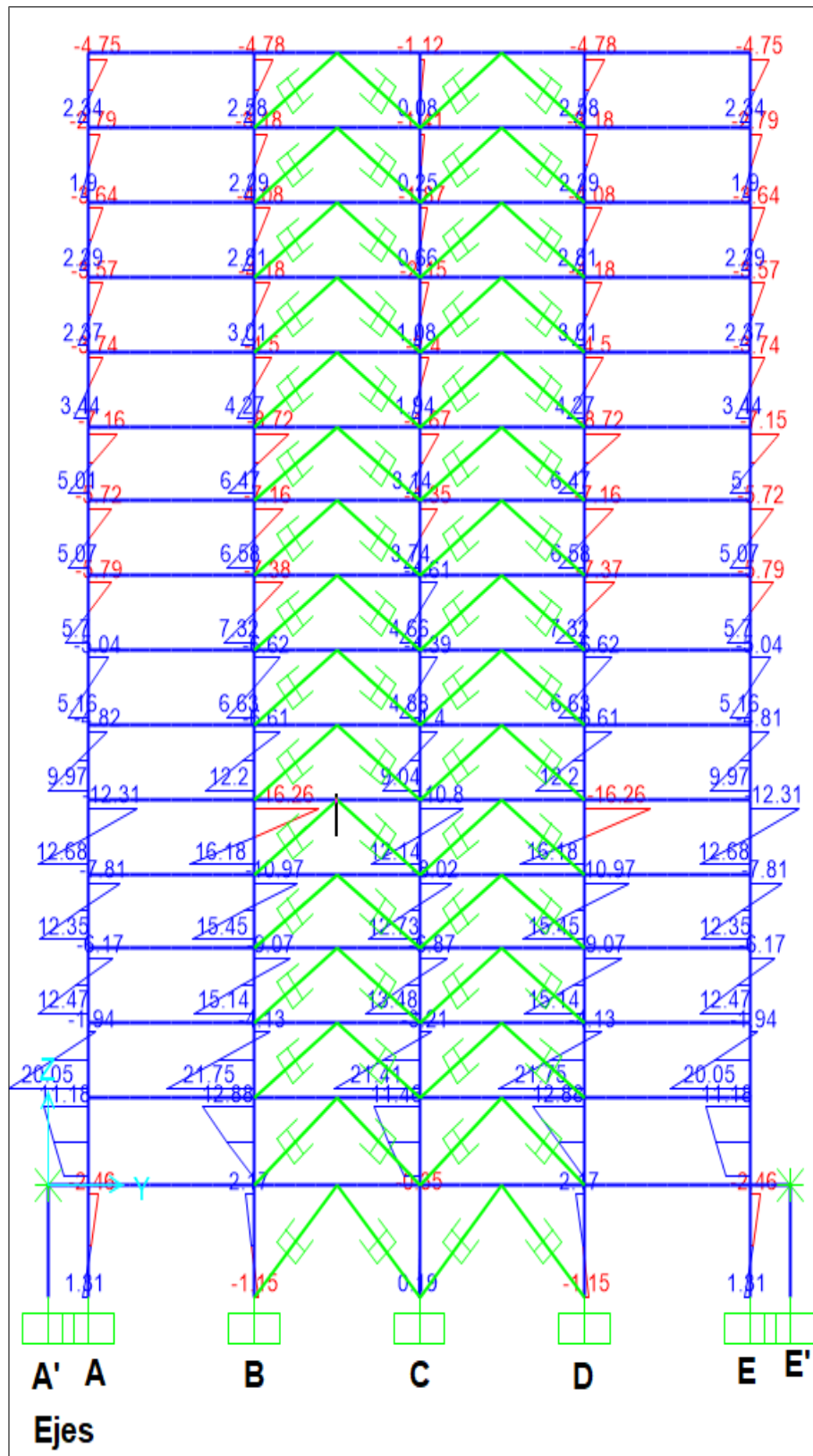


**Momentos Flectores** en las columnas del eje 2 en la dirección Y – Estructura patrón, Disp. Diagonal y Disp. Chevron

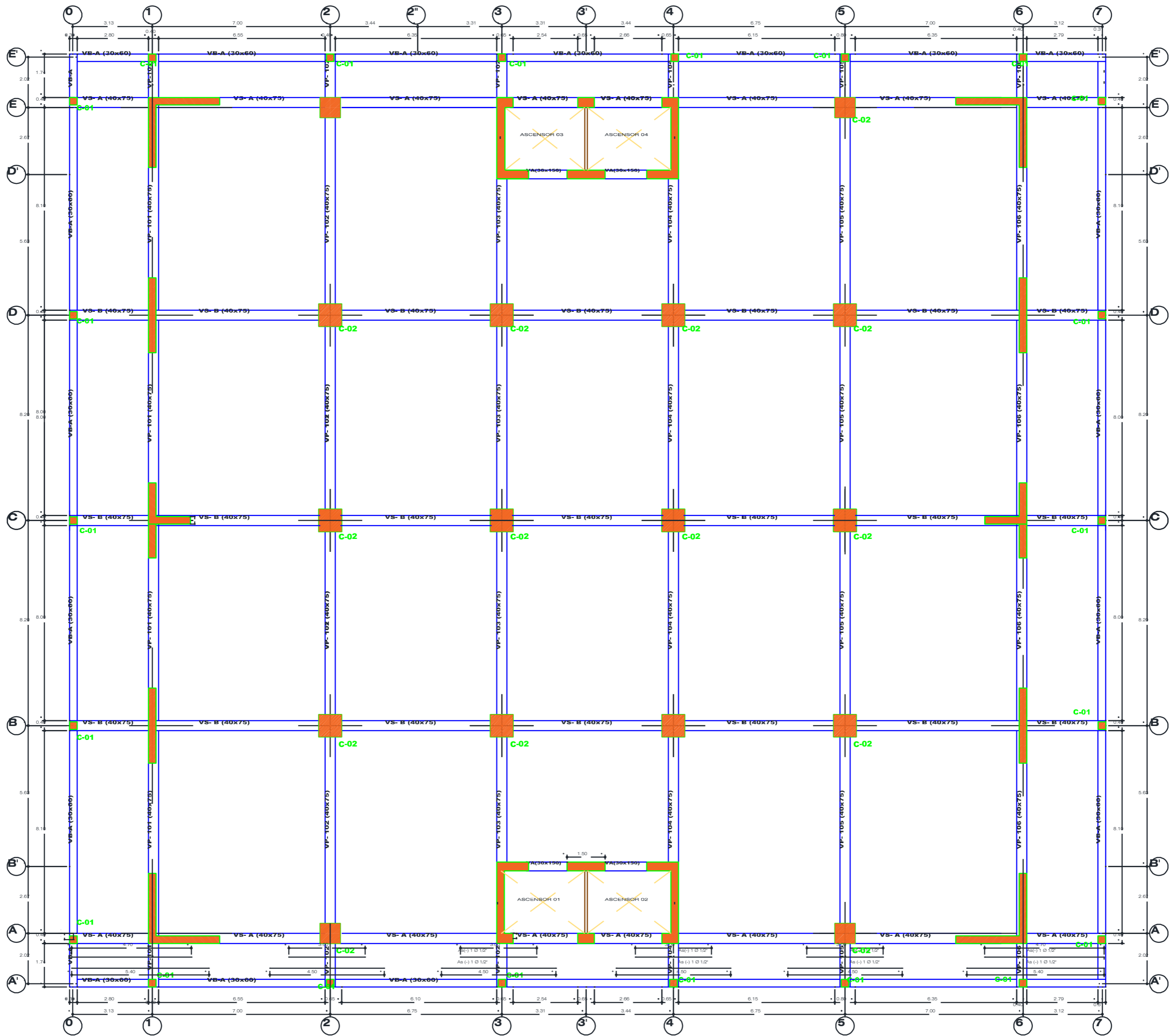






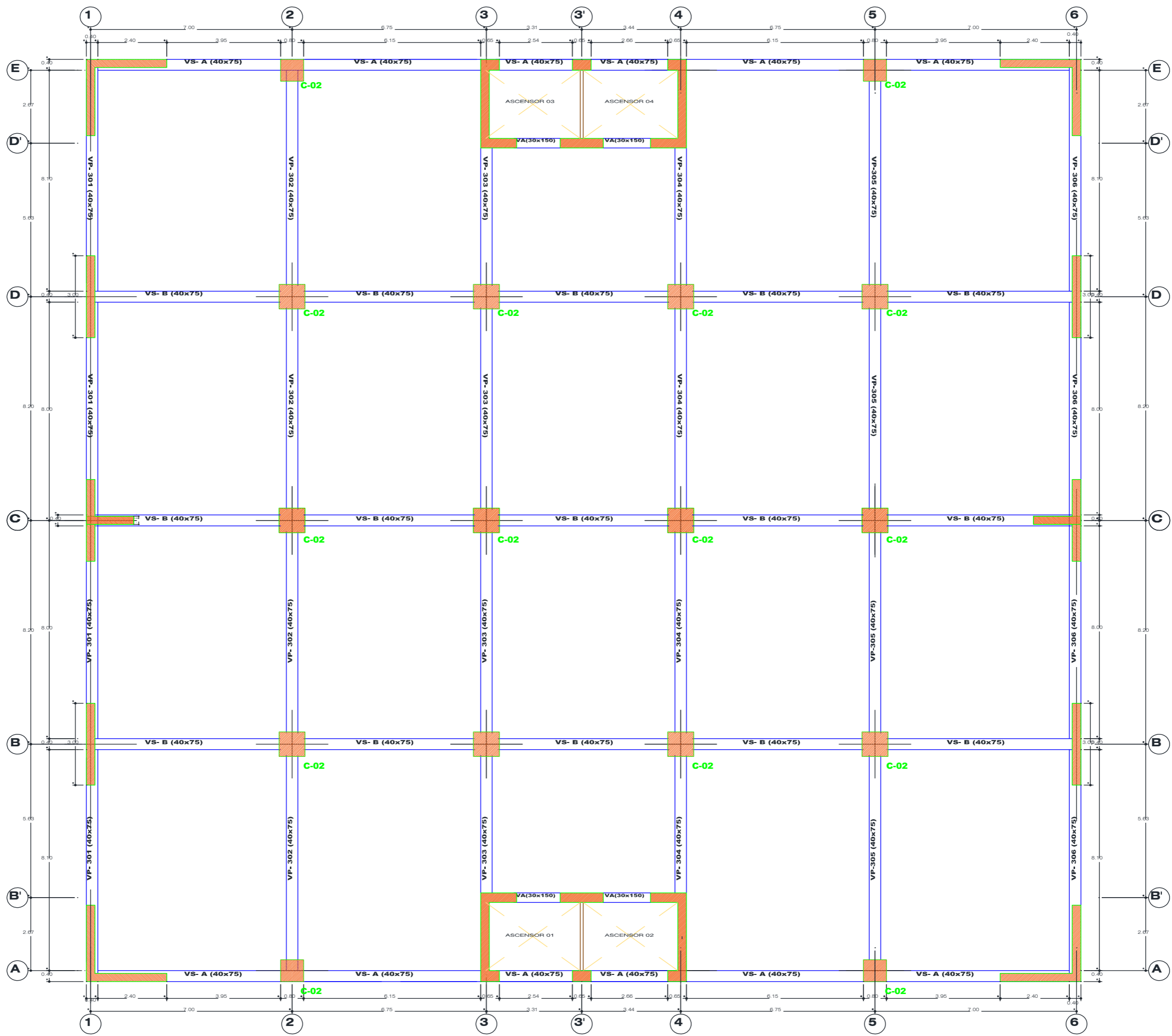


ANEXO 07

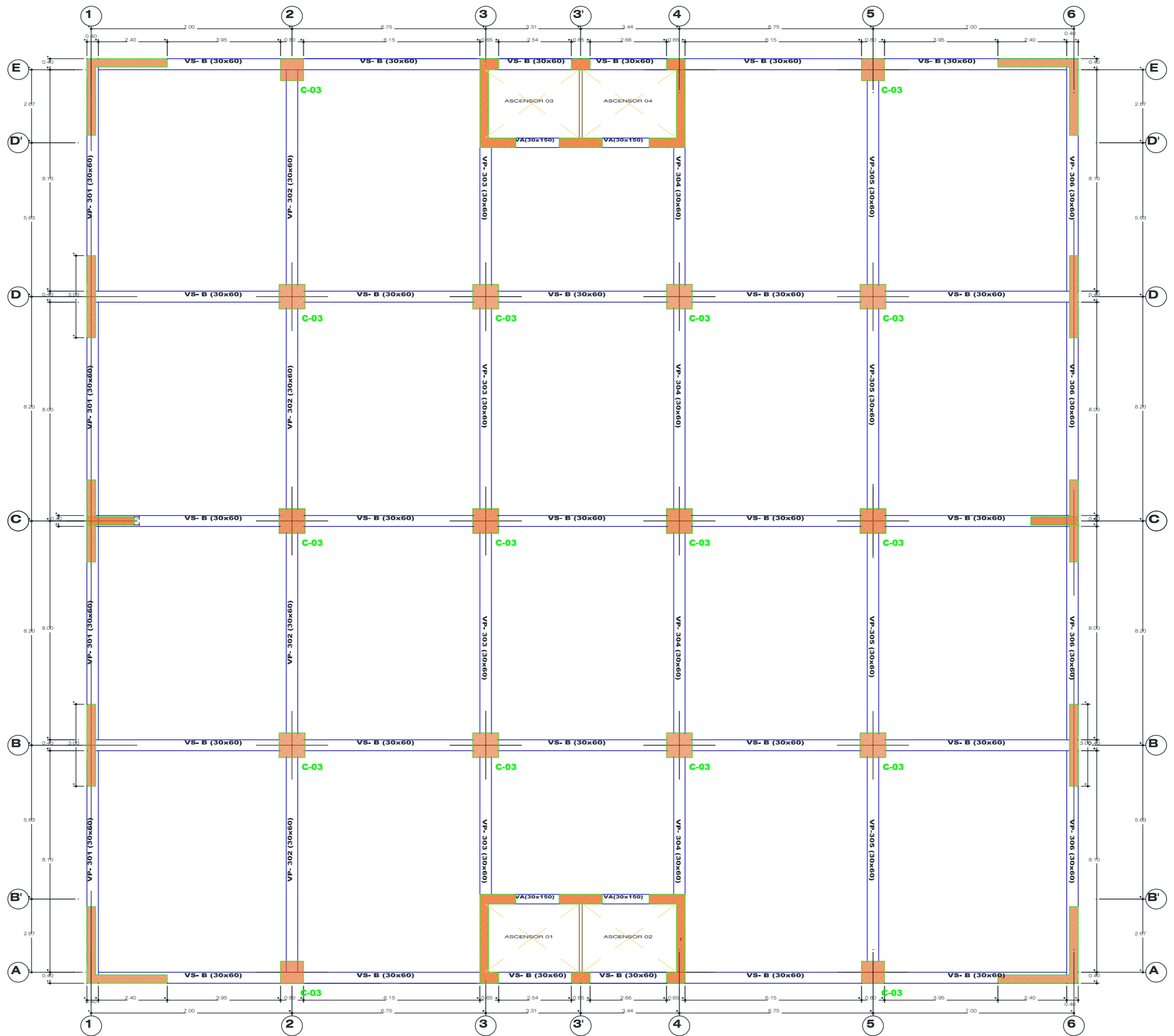


ALIGERADO (SOTANO-01° NIVEL)

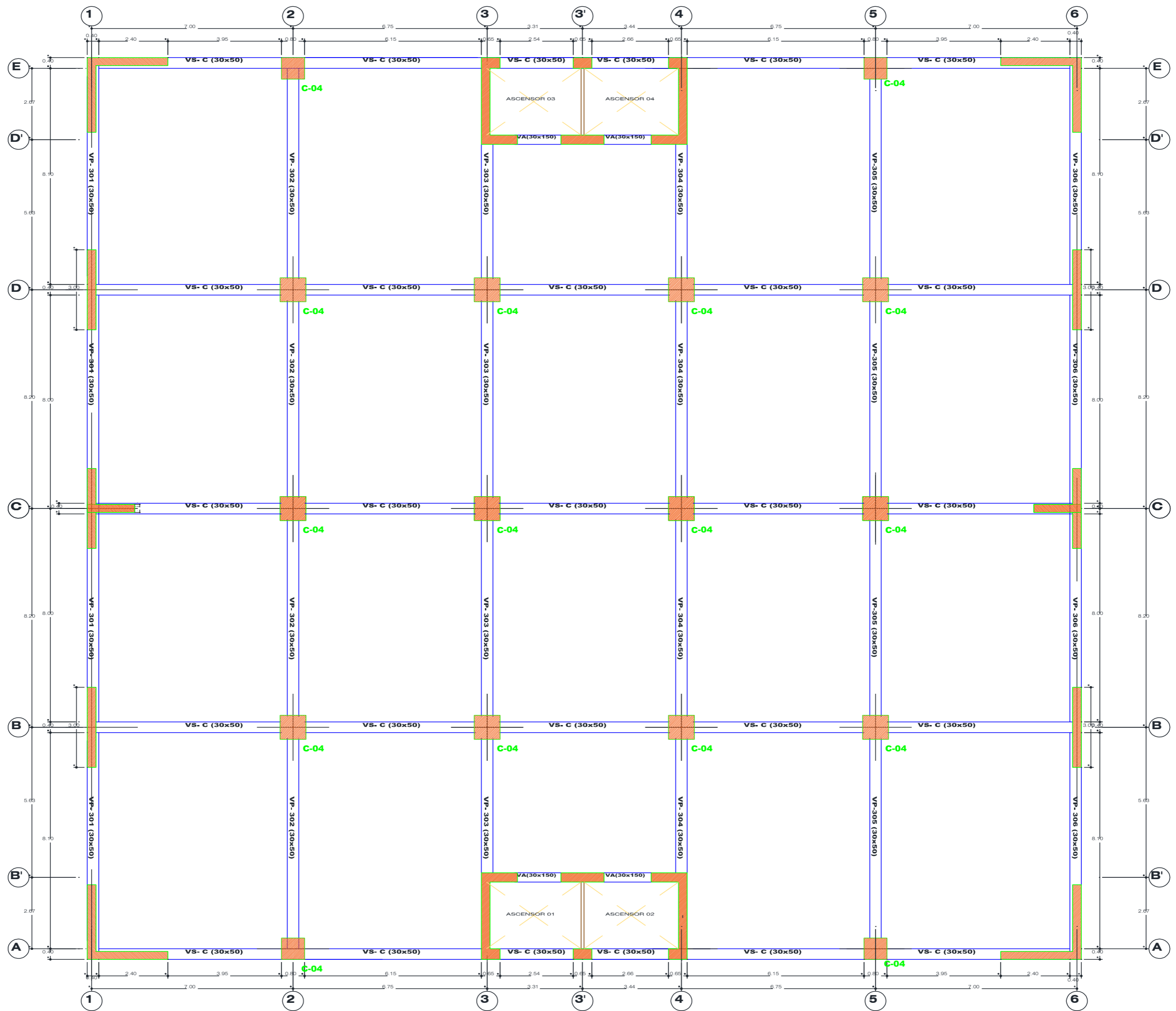
Esc: 1/75



**ALIGERADO (03° AL 05° NIVEL)**  
Esc: 1/75



**ALIGERADO (06° AL 10° NIVEL)**  
Esc: 1/75



**ALIGERADO (11° AL 15° NIVEL)**  
Esc: 1/75